



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Институт новых материалов
и технологий

М. В. ВЕНГЕРОВА
А. С. ВЕНГЕРОВ

МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Учебное пособие



Министерство образования и науки Российской Федерации

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

М. В. Венгерова, А. С. Венгеров

МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета
в качестве **учебного пособия** для студентов вуза,
обучающихся по направлениям подготовки
08.03.01 — Строительство», 08.05.01 — Строительство
уникальных зданий и сооружений

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2017

УДК 549+552(075.8)

ББК 26.31я73

В29

Рецензенты:

д-р геол.-минерал. наук, доц. *В. П. Огородников* (ФГБОУ ВПО Уральский государственный горный университет);

канд. геол.-минерал. наук *Ю. Н. Кошевой* (ведущий геолог ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция»)

Научный редактор — д-р техн. наук, проф. *Ф. Л. Капустин*

Венгерова, М. В.

В29 Минералы и горные породы : учеб. пособие / М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 132 с.

ISBN 978-5-7996-2027-1

В учебном пособии содержатся классификации минералов и горных пород и методики определения их по внешним диагностическим признакам.

Пособие предназначено для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Геология» и «Инженерная геология» для студентов всех форм обучения по направлению подготовки бакалавров 08.03.01 — Строительство и специалистов 08.05.01 — Строительство уникальных зданий и сооружений.

Библиогр.: 16 назв. Табл. 3. Рис. 5.

УДК 549+552(075.8)

ББК 26.31я73

ISBN 978-5-7996-2027-1

©Уральский федеральный
университет, 2017

Введение

В пособии рассматриваются классификации минералов и горных пород и методики определения их по внешним диагностическим признакам.

Лабораторные работы по дисциплинам «Геология» и «Инженерная геология» направлены на изучение студентами основных порообразующих минералов и горных пород. Перед производителями строительных работ постоянно возникают вопросы, связанные с необходимостью идентификации пород в котлованах и с поставками природных строительных материалов. Строитель должен свободно определять наиболее часто встречающиеся горные породы, такие как глина, известняк, песок, гравий, гранит, мрамор и др.

На занятиях используются учебные коллекции основных порообразующих минералов и горных пород кафедры «Материаловедение в строительстве». Экспонаты этих коллекций представляют собой типичные и редкие образцы минералов и горных пород. Коллекции ежегодно пополняются из фондов кафедры и в результате сбора минералов и горных пород студентами на учебной геологической практике в течение многих десятилетий и потому требуют бережного к ним отношения. Занятия с ними рассчитаны на использование коллекций двух видов — эталонных и рабочих. В эталонных коллекциях каждый образец сопровождается специальной этикеткой, содержащей сведения о названии и геологических условиях образования. В рабочих коллекциях образцы представлены без описания. По эталонным коллекциям студенты

знакомятся с минералами и горными породами, методами их определения по внешним диагностическим признакам, а затем распознают их по рабочим коллекциям.

Занятия позволяют получить первые навыки диагностики порообразующих минералов и возможность распознавать их в составе горных пород. Студенты знакомятся с методикой описания горных пород, текстурных и структурных признаков, которые позволяют определить условия их формирования, влияющие на прочность, устойчивость к выветриванию и другие свойства, и имеют решающее значение для практического использования в качестве оснований сооружений и строительных материалов.

Глава № 1. Физические свойства минералов. Макроскопический метод определения минералов по внешним признакам

1.1. Общие сведения о минералах

Минералогия — наука, занимающаяся изучением физико-химических свойств минералов, процессов их образования и размещения в земной коре. Минерал (лат. *minera* — руда) — природное химическое соединение, образующееся в результате естественных физико-химических и геологических процессов в земной коре или на ее поверхности. В земной коре, среди нескольких тысяч, наиболее часто и в больших количествах встречается только около ста минералов. Минералы, составляющие более 5–10 % объема горной породы, называют **главными породообразующими**, а второстепенные, или **акцессорные**, минералы составляют менее 5 % объема породы.

Минералы состоят из атомов, связанных между собой различными типами химических связей: ковалентной, ионной, металлической, вандерваальсовой (ВВ) и водородной. Физические свойства минерала определяются химическим составом минерала и типом химических связей между атомами.

Графит и алмаз имеют одинаковый химический состав — углерод (С), но разную структуру и называются полиморфными разновидностями углерода. Полиморфизм — преобразование структуры химического соединения без изменения его химического состава под влиянием внешних условий (Т, Р, Е_н, рН). Облик кристаллов и внутреннее строение этих минералов сильно отличаются. Алмаз кристаллизуется на очень больших глубинах в условиях высокого давления, поэтому расположение атомов в его структуре наиболее компактное. Графит формируется на меньших глубинах, где давление значительно ниже, соответственно имеет менее плотную структуру (рис. 1).

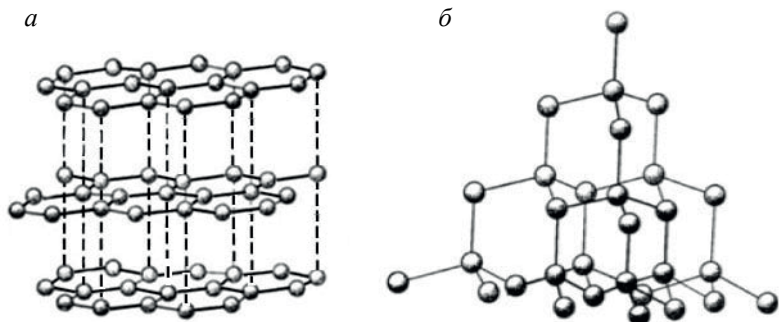


Рис. 1. Кристаллические решетки:

a — графита; *б* — алмаза

Противоположность физических свойств этих минералов объясняется различием типов химических связей между атомами углерода. Атомы углерода в структуре алмаза образуют прочные ковалентные связи, направленные под углом $109^{\circ}28'$ относительно друг друга, благодаря чему алмаз — самое твердое в природе вещество.

В структуре графита атомы углерода образуют плоскостные структуры с прочными ковалентными связями, но слои между

собой связаны вандерваальсовыми связями (слабые химические связи между электрически нейтральными частицами), поэтому графит является мягким минералом. Вандерваальсова связь — одна из самых слабых химических связей, присутствует в минералах в качестве добавочной и определяет зоны хорошей спайности и низкой твердости.

Минерал галит состоит из атомов Na и Cl. Силы притяжения между положительно и отрицательно заряженными частицами (ионами) формируют связи между атомами. Связанные между собой ионы Na^+ и Cl^- образуют кубическую структуру, которая представляет собой чередование положительно и отрицательно заряженных ионов. Такой тип химической связи называется ионным. Кристаллы с ионным типом связи растворяются в воде, для них характерны диэлектрические свойства, хрупкость, низкая тепло- и электропроводность, средние плотность и твердость, высокие точки плавления и кипения.

Металлическая связь характерна для атомов металлов. Свободные электроны внешней оболочки становятся общими для всех ионов в структуре металла. Все минералы с металлическим типом химических связей имеют металлический блеск и являются хорошими проводниками (пирит FeS_2 , золото Au, серебро Ag и др.).

Водородные связи — слабые химические связи, возникающие между положительно заряженными ионами водорода и анионами кислорода, фтора, хлора, а также азота (вода, каолинит).

Изоморфизм (лат. *isos* — равный, однозначный и *morphe* — форма) — изменение химического состава минерала при сохранении его кристаллической структуры. При условии близости химических свойств (размера радиуса атомов и их зарядов, например, Fe^{2+} и Mg^{2+} , Na^+ и K^+) может происходить замещение одних атомов или целой группировки атомов на другие в структуре минерала. Минералы с переменным составом могут объединяться в один минеральный вид.

1.2. Происхождение минералов

По способу образования (генезису) минералы могут быть объединены в две группы: эндогенные и экзогенные.

Эндогенные минералы образуются за счет внутренней энергии Земли в результате перемещения вещества из недр в виде магмы, жидких горячих растворов или газов.

При магматическом генезисе минералы образуются в результате кристаллизации огненно-жидкого силикатного расплава — магмы. По мере остывания и гравитационного разделения магмы, из нее последовательно кристаллизуются основные тугоплавкие, а затем все более кислые легкоплавкие минералы (реакционный ряд Боуэна). Первыми кристаллизуются тяжелые темные минералы: оливин, авгит, лабрадор, — затем более легкие — роговая обманка, слюды, ортоклазы, последним — низкотемпературный кварц.

Пегматитовый генезис (разновидность магматического) проявляется на заключительных стадиях остывания магмы, когда в расплавленном виде остаются лишь самые легкие фракции, обогащенные кислотами и щелочами и летучими компонентами (крупные и гигантские кристаллы кварца, ортоклаза, слюд, драгоценные камни, рудные и радиоактивные минералы).

Гидротермальный генезис проявляется в результате кристаллизации горячих минерализованных растворов — гидротерм, в итоге образуются самородные минералы, хлоридные, сульфатные соединения.

Пневматолитовый генезис проявляется при отложении кристаллического вещества из паров и газов магмы за минованием жидкой фазы — возгон (руды висмута, вольфрама, молибдена, мышьяка и др.).

При метаморфическом генезисе минералы образуются в результате преобразования ранее сформированных мине-

ралов под воздействием высоких температур, давления, а также гидротермальных растворов и флюидов (хлорит, тальк, графит и др.).

Разновидности метаморфического генезиса: метасоматический — образование новых минералов путем замещения одних химических элементов другими в ранее сформированных минералах за счет миграции гидротермальных растворов и флюидов внедрившейся магмы (хризотил-асбест, серпентин); контактово-метаморфический — образование новых минералов на контактах внедрившейся магмы и вмещающих пород; импактный — преобразование минералов под воздействием ударов метеоритов, бомбардирующих Землю.

Экзогенные минералы образуются за счет внешней (солнечной) энергии в результате процессов выветривания (разрушения и переотложения ранее сформированных минералов при воздействии атмосферы, гидросферы, биосферы);

При гипергенном генезисе минералы, неустойчивые к внешним воздействиям на земной поверхности в воздушной и водной среде или на небольших глубинах в земной коре, разрушаются и переходят в устойчивые соединения (каолин, монтмориллонит, галит, сильвин, малахит, лимонит, боксит и др.).

Некоторые минералы могут образовываться в результате различных процессов, поэтому их генезис не всегда однозначен.

1.3. Формы нахождения минералов

В природных условиях минералы встречаются преимущественно в твердом состоянии (кристаллические образования). Незначительное количество минералов имеет неупорядоченное строение, при котором атомы и ионы, их составляющие, располагаются беспорядочно; такие минералы называются **аморфными**.

1.3.1. Облик кристаллов

Кристалл — твердое тело, ионы и атомы которого образуют правильные упорядоченные периодические структуры — кристаллические решетки. В зависимости от химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, ограниченные гранями, углами и ребрами. Одиночные кристаллы встречаются редко, чаще в виде обломков, сростков или кристаллических агрегатов.

Кристаллы, как и любое тело в пространстве, имеют три измерения. Выделяют три основных формы кристаллов:

- изометричные формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях (кубы галита, пирита, октаэдры магнетита и др.);
- пластинчатые формы, больше развитые в двух направлениях, чем в третьем, (таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита и др.);
- призматические формы, больше развитые в одном направлении, чем в двух других, (призматические кристаллы пироксена, кварца и др.). Шестоватые (селенит) и волокнистые (асбест) формы, развитые в одном направлении несоизмеримо больше, чем в двух других.

Некоторые минералы (гипс, ортоклаз, ставролит и др.) могут образовывать двойники — закономерно сросшиеся кристаллы, имеющие общую грань, ребро или часть кристалла.

1.3.2. Минеральные агрегаты

Беспорядочные скопления различной формы минералов называются **минеральными агрегатами**. Минеральные агрегаты могут быть мономинеральными, состоящими из одного минерала, и полиминеральными, состоящими из нескольких минералов. Среди минеральных агрегатов выделяют несколько видов.

Наиболее распространенная форма минеральных агрегатов в земной коре — зернистые агрегаты. При описании минеральных агрегатов указывается их форма и размер зерен. По размеру

зерен выделяют агрегаты: гигантозернистые, более 10 мм в поперечнике, крупнозернистые — 5–10 мм, среднезернистые — 2–5 мм, мелкозернистые — с размерами зерен менее 1 мм, скрытокристаллические — невидимые невооруженным глазом.

По форме зерен различают агрегаты: зернистые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, призматические, волокнистые, игольчатые, шестоватые, дисковидные и др.

Друзы — это сростки кристаллов различных размеров и ориентировки, имеющих общее основание. Свободные концы кристаллов обычно хорошо огранены (друзы кварца, пирита).

Щетки — группа кристаллов примерно одного размера и ориентировки, имеющих общее основание (щетки кальцита, аметиста).

Землистые агрегаты — порошковатые, рыхлые мягкие минеральные массы аморфного или скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки, сажистые (черного цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания (каолинит и лимонит).

Натечные формы выделений минералов образуются на стенках пустот (пещер) при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов и сложены мелкокристаллическим или скрытокристаллическим веществом. Образуют различного вида формы: почковидные, гроздевидные, цилиндрические, в виде сосулек сталактиты — растут от потолка пещер сверху вниз, сталагмиты — снизу вверх, занавесы — каскады, стекающие по стенам. Примером натечных образований являются лимонит, малахит, кальцит.

Секреции образуются в пустотах изометрической округлой формы путем концентрического наложения минералов на стенках пустот (рост происходит от периферии к центру). Мелкие секреции (миндалины размером 2–5 см) наблюдаются в излившихся вулканических породах. Крупные секреции называются жеодами.

Конкреции — шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах.

Формирование их происходит от центра к периферии, размеры — от миллиметров до нескольких метров. Мелкие конкреции (оолиты) образуются путем наслоения коллоидного материала на песчинки в подвижных водных средах и представлены мелкими стяжениями сферической формы от долей миллиметра до нескольких миллиметров.

Пленки, примазки, выцветы, налеты — разнообразные по цвету незначительной мощности выделения минералов на поверхности горных пород и на стенках трещин. Оксиды марганца образуют дендриты (греч. *déndron* — дерево) — сложные формы, напоминающие отпечаток растения.

Встречаются минералы, которые образуют точную копию другого минерала или органического объекта. Такие формы называют псевдоморфозами (ложная форма), например, при полном замещении кальцитом или другим минералом органического вещества — окаменелости древних животных и растений. В Швеции в XIII веке в Фалунских железных рудниках обнаружили тело горняка, полностью замещенное минералом пиритом FeS_2 .

Для точной диагностики минералов существуют многочисленные методы, требующие специальных приборов. В полевых условиях применяют простой «макроскопический» метод определения минералов по внешним легко различимым признакам: цвету, блеску, твердости, спайности и т. д.

1.4. Физические свойства минералов

1.4.1. Оптические свойства

Цвет — способность минерала отражать или пропускать через себя часть видимого спектра.

Существуют минералы с определенной окраской, которая характерна только для этого минерала; другие минералы (полихром-

ные) в пределах одного вида могут иметь разнообразную окраску; встречаются минералы, имеющие разную окраску при рассмотрении их в разных направлениях. Все минералы по видам окраски можно разделить на три типа (по Ферсману А. Е.).

Для минералов с идиохроматической (греч. *idios* — свой, *chroa* — цвет) окраской, обусловленной внутренними свойствами минерала — особенностями строения кристаллической решетки, цвет является важнейшим диагностическим признаком. Например, пирит латунно-желтый, магнетит черный, малахит зеленый, родонит розовый, азурит синий.

Аллохроматическая (греч. *allos* — другой) окраска связана с присутствием в минералах элементов хромофоров (красителей) — Cr, Ti, Mn, Fe, Al, Ni, Co, Cu, Mo, V или тонко рассеянных механических примесей. Примесь Cr_2O_3 в количестве долей процента окрашивает бесцветный минерал корунд в ярко-красный цвет (рубин). Тонко рассеянные механические примеси окислов и гидроокислов железа в бесцветных минералах окрашивают их в красный и желтый цвет, органическое вещество придает серые, черные цвета.

Псевдохроматическая (греч. *pseudo* — ложный) окраска связана с различными оптическими эффектами (интерференция, дифракция, преломление света). Встречаются минералы, меняющие окраску в зависимости от освещения. На поверхности минерала лабрадорита при некоторых углах поворота появляются густые синие или зеленоватые переливы, вызванные интерференцией световых лучей, отраженных от плоскостей спайности. Такое явление называется иризацией.

Прозрачность — свойство минерала пропускать свет. Среди минералов в зависимости от степени прозрачности различают:

- прозрачные (кварц, каменная соль) — пропускающие свет, через них ясно видны предметы;
- полупрозрачные (халцедон, опал) — через них видны только очертания предметов;

- просвечивающие — пропускают свет только в очень тонких пластинках или по тонкому краю (биотит);
- непрозрачные — свет не пропускают даже в тонких пластинках (пирит, магнетит).

Цвет черты — цвет минерала в порошке, получаемый в виде черты на шероховатой поверхности фарфоровой пластинки (бисквита). В ряде случаев он соответствует цвету самого минерала (черная черта у черного магнетита), но иногда цвет черты резко отличается от цвета минерала (латунно-желтый пирит оставляет черную черту). Для таких минералов цвет черты — важный диагностический признак.

Блеск — способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе его из воздушной среды в кристаллическую среду. Все минералы подразделяются на две группы: минералы с металлическим и неметаллическим блеском.

Металлический блеск характерен для самородных и рудных минералов, полуметаллический напоминает блеск потускневшего металла (графит).

Неметаллический блеск имеет разновидности:

- стеклянный блеск наблюдается у большинства минералов (горный хрусталь, кальцит);
- алмазный блеск — более сильный, чем стеклянный (сера, алмаз);
- жирный блеск напоминает поверхность, покрытую маслом или жиром (излом кварца);
- восковой блеск — тусклый по сравнению с жирным (парафиновая свеча), характерен для скрытокристаллических агрегатов (кремь);
- матовый блеск характерен для тонкодисперсных и рыхлых минералов, обладающих тонкой пористостью, (каолинит, землистые массы лимонита);

- шелковистый блеск наблюдается у минералов с волокнистым строением (асбест, селенит);
- перламутровый блеск напоминает поверхность перламутровой раковины и встречается у полупрозрачных и пластинчатых минералов с весьма совершенной спайностью (тальк и мусковит).

1.4.2. Механические свойства

Спайность — свойство минералов раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием плоских зеркальных поверхностей. Разрушение минерала происходит по тем направлениям, по которым в кристаллической решетке существуют наиболее слабые связи. Спайность минералов может прослеживаться в одном или в нескольких взаимно пересекающихся направлениях.

В зависимости от легкости раскалывания и характера образованных поверхностей различают следующие виды спайности:

- весьма совершенная — минерал легко расщепляется руками на тонкие гладкие листочки, чешуйки, обычно только в одном направлении (мусковит, биотит, хлорит, тальк);
- совершенная — минералы при легком ударе молотком раскалываются на обломки, внешне напоминающие кристаллы, но с более гладкими поверхностями в двух или трех направлениях (кальцит, ортоклаз);
- средняя — минералы при ударе молотком раскалываются на обломки с равным количеством плоскостей спайности и неровных изломов по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка, пироксен);
- несовершенная — поверхности спайности на обломках минералов обнаруживаются с трудом (корунд, апатит);
- весьма несовершенная — минералы раскалываются только по случайным направлениям с неровными поверхностями (кварц, магнетит, пирит).

Плоскость спайности отличается от естественной грани кристалла тем, что естественную грань можно отбить, и она больше не повторится, а плоскости спайности можно получать многократно. На естественных гранях кристаллов часто наблюдается штриховка или следы растворения, в то время как плоскости спайности более гладкие и совершенные.

Излом — характер поверхности раскола. Различают следующие виды излома:

- ровный — характерен для минералов с совершенной и весьма совершенной спайностью;
- неровный, ступенчатый — характерен для минералов со средней спайностью;
- раковистый — характерен для минералов с весьма несовершенной спайностью, напоминает внутреннюю поверхность раковины (кварц, пирит, кремень);
- занозистый — характерен для игольчатых или волокнистых минералов с поверхностью, покрытой ориентированными в одном направлении занозами, (асбест, селенит);
- землистый — шероховатая поверхность раскола, характерен для каолинита.

Твердость минерала — способность сопротивляться внешним механическим воздействиям (царапанию, шлифованию, вдавливанию).

Австрийский минералог Ф. Моос предложил шкалу, состоящую из десяти минералов, для оценки относительной твердости. Каждый последующий минерал этой шкалы царапает предыдущий. Черта, полученная при этом, не стирается и остается в виде царапины. Более мягкие минералы оставляют на твердых минералах черту в виде порошка, которая легко стирается. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами, не соответствующими их действительной твердости:

Тальк $\text{Mg}_3 [\text{Si}_4 \text{O}_{10}] (\text{OH})_2$	1	Ортоклаз $\text{K} [\text{AlSi}_3 \text{O}_8]$	6
Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	Кварц SiO_2	7

Кальцит CaCO_3	3	Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$	8
Флюорит CaF_2	4	Корунд Al_2O_3	9
Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	5	Алмаз C	10

Для определения относительной твердости необходимо с нажимом провести острым углом минерала-эталоны по свежей (невыветрелой) поверхности диагностируемого минерала. Определяемый минерал будет иметь твердость на единицу меньше твердости того минерала шкалы, который первым оставит на его поверхности царапину. Другим способом диагностики служит бытовая шкала твердости: твердость мягкого карандаша — 1; ногтя — 2; медной монеты — 3, стекла — 5, стальной иглы и ножа — 6, напильника — 7.

Хрупкость — свойство минерала крошиться при ударе молотком, давлении, при проведении ножом черты (сера).

Ковкость — свойство минерала расплющиваться под ударом молотка в тонкую пластинку, нож оставляет на поверхности минерала гладкий блестящий след.

Упругость — способность минерала восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

1.4.3. Прочие свойства

Среди прочих свойств важным является плотность. Точное определение плотности минерала проводят в лабораторных условиях, а для быстрой ориентировочной оценки плотности прибегают к его простому взвешиванию на руке. Большинство минералов обладают плотностью 2–5 г/см³.

Все минералы по плотности можно разделить на три условные группы:

- легкие, с плотностью меньше 2,5 г/см³ (галит, гипс);
- средние, с плотностью 2,5–4 г/см³ (апатит, корунд, кварц);
- тяжелые, с плотностью больше 4 г/см³ (магнетит, пирит, золото).

1.4.4. Специфические свойства

Наличие у некоторых минералов специфических, только им присущих свойств может значительно облегчить их диагностирование.

Магнитность — способность минералов воздействовать на магнитную стрелку. Магнетит обладает ярко выраженными ферромагнитными свойствами и может притягивать мелкие железные предметы. Существуют минералы, которые отталкиваются магнитом, — самородный висмут.

Реакция с соляной кислотой: с соляной кислотой взаимодействуют минералы класса карбонатов, при этом реакция сопровождается выделением углекислого газа.

Двойное лучепреломление — свойство светового луча, проходящего через анизотропные кристаллы, раздваиваться. Характерен для исландского шпата (прозрачная разновидность кальцита), при наложении которого на печатный текст возникает двойное изображение.

Физиологическим свойствам отвечают следующие.

Вкус: минерал галит имеет соленый вкус, сильвин горько-соленый. Эти минералы хорошо растворяются в воде.

Запах: при горении серы ощущается запах сернистого газа, горящий янтарь издает ароматический запах, каолинит при увлажнении пахнет глиной.

Степень шероховатости — ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Есть минералы жирные на ощупь (тальк), гладкие (горный хрусталь) и шершавые (каолин).

1.5. Задания к выполнению лабораторной работы

Цель выполнения работы:

- получение знаний об основах кристаллохимической классификации минералов и условиях их формирования, об-

ластях практического применения и важнейших российских месторождениях;

- приобретение навыков определения форм минеральных агрегатов, оптических, механических и особых свойств минералов; а также приобретение навыков макроскопической диагностики минералов в образцах.

Оборудование: эталонные и рабочие коллекции порообразующих минералов, наборы шкалы твердости Мооса, неглазурованная керамическая пластинка «фарфоровый бисквит», магнит, минералогическая лупа, пузырек с 10 % раствором соляной кислотой (надежно закрытый), стеклянная пластинка для определения твердости пород.

При выполнении лабораторной работы преподаватель, пользуясь эталонной коллекцией минералов, знакомит студентов с основными физическими свойствами минералов и способами их определения. Студенты учатся определять эти свойства на образцах из рабочих коллекций, используя макроскопический метод и лабораторное оборудование.

Правила макроскопического определения минералов:

- любую характеристику лучше определять на свежей поверхности раскола;
- поворачивать образец, добиваясь его освещения под разными углами; всегда сравнивать характеристики исследуемого образца с соответствующими характеристиками уже известных образцов.

Последовательность определения:

- облик кристалла, характер граней или характер минеральных агрегатов;
- твердость (по шкале Мооса или по бытовой шкале). Простейший способ определения относительной твердости диагностируемого образца — царапанье его минералами-эталоны шкалы Мооса или с помощью бытовой шкалы твердости. Шкала Мооса представлена десятью минерала-

ми-эталоны, в которой каждый последующий минерал царапает все предыдущие (чем выше номер минерала, тем он тверже). Для определения твердости на поверхности исследуемого минерала выбирают гладкую площадку, а затем, сильно нажимая, проводят по ней острым углом эталона из шкалы Мооса или предметом бытовой шкалы. Если на поверхности изучаемого минерала остается царапина, он мягче эталона; если царапины нет, изучаемый минерал тверже. Твердость образца испытывают до тех пор, пока она не сравняется с твердостью одного из эталонов или пока не окажется в интервале твердостей двух соседних эталонов. Бытовая шкала, используемая для определения твердости минералов: мягкий карандаш — 1; ноготь — 2; оконное стекло — 5; стальная игла и нож — 6. Минералы с твердостью 1 пишут на бумаге, минерал с твердостью меньше или равно 2 царапается ногтем, с твердостью более 5 царапает стекло; если минерал не царапает стекло и не чертится ногтем, его твердость в пределах 2–5;

- цвет минерала;
- цвет черты (цвет минерала в порошке) определяется растиранием минерала по неглазурованной поверхности керамической пластинки. Для твердых минералов, не растирающихся по пластинке, указывают, что черта отсутствует;
- блеск минерала, может различаться на гранях кристалла и на сколе (на гранях кварца блеск стеклянный, а на сколе — жирный);
- спайность (степень совершенства, количество направлений). Для обнаружения спайности минерал поворачивают так, чтобы поверхность скола отразила свет в глаза. При наличии спайности видны блестящие пластины, наслаивающиеся друг на друга и образующие своеобразную лесенку. Эти блестящие пластины — плоскости спайности — разделяются тончайшими темными линиями. Грани кристал-

ла отличаются наличием штриховки, меньшей гладкостью поверхности;

- излом (раковистый — вогнутый, концентрически-волнистый (кремень); занозистый — однонаправленные иглы (селенит); ступенчатый — уступы между плоскостями спайности (ортоклаз); неровный — хаотично изломанная блестящая поверхность);
- плотность (легкий, средний или тяжелый минерал) — определяется простым взвешиванием в руке;
- магнитность — притягивают магнит;
- реакция с 10% раствором соляной кислоты. Для этого необходимо капнуть кислотой на исследуемый образец и определить, происходит выделение газа в результате реакции или нет. Необходимо помнить, что некоторые минералы (доломит) реагируют с раствором соляной кислоты в порошке. Для получения порошка исследуемый образец следует поцарапать уголком стекла, капнуть на него раствором кислоты и убедиться в прохождении реакции или ее отсутствии;
- запах (сера пахнет при трении и горении, каолинит при увлажнении пахнет глиной);
- вкус (соленый, горько-соленый);
- степень шероховатости (жирный или шершавый на ощупь);
- иризация, сине-зеленые отливы на поверхности спайности лабрадора.

Контроль над усвоением материала проводится в форме вопросов и ответов (устно).

Глава 2. Диагностика породообразующих минералов

2.1. Описание минералов

В России наиболее распространена классификация минералов на типы и классы по химическому составу, из которых при выполнении лабораторной работы будут рассмотрены следующие: самородные элементы, сульфиды, галогениды, оксиды и гидроокислы, карбонаты, сульфаты, фосфаты и силикаты.

2.1.1. Самородные элементы

В природе в самородном состоянии известно более 30 элементов. Самородные элементы, образующие минералы, подразделяют на металлы и неметаллы. Наиболее распространены в самородном виде благородные металлы: платина (Pt), золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu). К полуметаллам относят мышьяк (As), сурьму (Sb) и висмут (Bi). Неметаллические элементы — сера (S) и углерод (C). Для самородных элементов характерен полиморфизм (углерод может выделяться в виде графита и алмаза).

♦ Графит C (гр. *graphō* — пишу)

Форма выделения — мелкие шестиугольные кристаллы, слагающие плотные тонкочешуйчатые, пластинчатые или землистые массы.

Цвет — железо-черный, темный серо-стальной.

Черта — черная или темно-серая, блестящая.

Блеск — сильный металлоидный, жирный.

Прозрачность — непрозрачный.

Излом — ровный по спайности или ступенчатый в направлении перпендикулярном спайности.

Спайность — весьма совершенная в одном направлении.

Твердость — 1.

Плотность — 2,2 г/см³.

Главные диагностические признаки: цвет, жирный на ощупь, пишет на бумаге, пачкает руки.

Происхождение: эндогенное, метаморфическое и контактово-метаморфическое. Часто встречается в мраморах, гнейсах, кристаллических сланцах, скарнах, а также при метаморфизме углей.

Месторождения: Ботогольское (Восточные Саяны), Курейское (Красноярский край).

Применение: в качестве огнеупоров, в производстве высокоуглеродистой стали, в литейном деле, электротехнике, ядерной технике, на атомных электростанциях, сырье для производства синтетических алмазов.

♦ Сера S

Форма выделения: кристаллы, друзы, сплошные зернистые агрегаты, иногда натечки и налеты.

Цвет — желтый, различных оттенков.

Черта — светло-желтая.

Блеск: на гранях кристаллов алмазный, на изломе — жирный, в натечных и землистых массах — восковой.

Прозрачность — прозрачные, просвечивающие по тонкому краю.

Спайность — отсутствует.

Излом — неровный, раковистый.

Твердость — 1,5–2.

Плотность — 2 г/см³.

Главные диагностические признаки: цвет, блеск, при трении издает своеобразный запах, легко загорается, хрупкая.

Происхождение: при извержении вулканов из паров и газов, в результате разложения сернистых соединений металлов, гипсоносных осадочных толщ, а также биохимическое — в результате жизнедеятельности серных бактерий.

Месторождения: осадочной серы в Поволжье (Алексеевское), вулканогенные — на Курильских островах.

Применение — производство серной кислоты, красок, бумаги, взрывчатых веществ, в резиновой и текстильной промышленности.

2.1.2. Сульфиды

Класс сульфидов — соли сероводородной кислоты H_2S , главные минералы руд цветных металлов.

Представители этого класса отличаются сильным металлическим блеском, высокой плотностью, черной или темной чертой.

В зоне выветривания сульфиды неустойчивы и подвержены быстрому разрушению (с образованием серной кислоты), поэтому их примесь в породах понижает качество строительных материалов. Наиболее широко распространены сульфиды железа (пирит FeS_2), меди (халькопирит $CuFeS_2$), свинца (галенит PbS).

♦ Пирит (серный колчедан, железный колчедан) FeS_2 (гр. *pyrites lithos* — огненный камень)

Форма выделения — плотные зернистые агрегаты, часто в виде хорошо ограненных кристаллов кубической формы с характерной штриховкой на гранях.

Цвет — латунно-желтый, иногда с пестрой побегалостью.

Черта — черная, зеленовато-черная.

Блеск — сильный металлический.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — несовершенная.

Излом — неровный, иногда раковистый.

Твердость — 6–6,5.

Плотность — 4,9–5,2 г/см³.

Особые свойства — штриховка на гранях куба, при ударе искрит и издает запах серы.

Главные диагностические признаки: цвет, цвет черты, блеск, высокая плотность и твердость.

Происхождение — преимущественно гидротермальное и магматическое.

Месторождения: Урал, Алтай, Кавказ.

Применение — производство серной кислоты, при этом попутно могут извлекаться медь, золото.

2.1.3. Оксиды и гидроксиды

Класс оксидов и гидроксидов — соединения металлов и полуметаллов с кислородом, гидроксильной группой OH^- или водой. Насчитывается около 200 минералов, которые составляют примерно 5 % литосферы и около 17 % земной коры. Самыми распространенными являются оксиды и гидроксиды кремния и железа.

Минералы этого класса обладают прочными кристаллическими решетками, что обуславливает их высокую твердость (5–9), и представляют собой аморфные соединения.

♦ Кварц SiO_2

Кварц — второй по распространенности минерал в земной коре. В качестве составляющей входит во все генетические типы пород. Кремнезем (SiO_2) имеет несколько полиморфных модификаций.

Основные разновидности кварца:

- кристаллические (горный хрусталь, аметист);
- скрытокристаллические (халцедон, агат, кремень);
- аморфные (опал).

Цветовые разновидности кристаллического кварца: бесцветный — горный хрусталь; серый, коричневый — раухтопаз; фиолетовый — аметист; черный — морион; зеленый — празем; желтый — цитрин; с рассеянными внутри мелкими пластинками слюды или гематита — авантюрин.

Скрытокристаллическая разновидность кварца — халцедон, также имеет несколько цветовых разновидностей: оранжево-красный — сердолик; зеленый — плазма; яблочно-зеленый — хризопраз; красновато-бурый или коричневатый — сардер (сардоникс); полосчатые разновидности — агат; разновидности с примесью песка и глины — кремний.

Форма выделения — весьма разнообразна. Кристаллы удлиненно-призматические, хорошо ограненные, часто с горизонтальной штриховкой на гранях, обычно образуют сростки, друзы. Агрегаты — сплошные массы различной степени зернистости. Скрытокристаллический кварц образует секреции и конкреции, встречается в виде натеков, корочек, почек и желваков.

Цвет — различный, обычно серовато-белый, молочно-белый, серый. Окрашенные разновидности имеют свои названия.

Черта — из-за высокой твердости трудно получить.

Блеск — жирный, на гранях стеклянный. Скрытокристаллические разновидности имеют восковой или жирный блеск.

Прозрачность — прозрачный (горный хрусталь), просвечивающий в тонком сколе (морион). Халцедон полупрозрачный или просвечивающий по тонкому краю.

Спайность — отсутствует.

Излом — раковистый, неровный.

Твердость — 7.

Плотность — 2,5—2,6 г/см³.

Главные диагностические признаки: высокая твердость, жирный блеск, раковистый излом, устойчив к выветриванию.

Происхождение: магматическое (граниты, пегматиты, риолиты), гидротермальное (жильный кварц), метаморфическое (гнейсы кварциты, скарны), осадочное (кварцевые пески, песчаники).

Месторождения: Урал (Мурзинка, Южаковка, Липовка, Шайтанка, Астафьевское месторождение пьезокварца и др.), Забайкалье, Карелия.

Применение: в оптике и радиотехнике, ювелирном и гранильном деле, в механике точных приборов. Кварцевые пески —

сырье для стекольной промышленности и производства силикатного кирпича. Кварцевые песчаники и кварциты используют как строительные камни и облицовочный материал.

♦ Кремень SiO_2 (смесь скрытокристаллического и аморфного кремнезема)

Форма выделения — встречается в виде стяжений и желваков среди осадочных пород.

Цвет — серый, коричневый, черный.

Черта — из-за высокой твердости трудно получить.

Блеск — восковой или жирный.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — отсутствует.

Излом — раковистый.

Твердость — 7.

Плотность — $2,65 \text{ г/см}^3$.

Главные диагностические признаки: обломки часто имеют острые края, раковистый излом, при ударе высекаются искры, химически инертен.

Происхождение — поздняя стадия диагенеза осадков, выветривание.

Месторождение — в виде конкреций, желваков, линз и пластов, залегающих среди известняков и меловых отложений.

Применение: молотый кремень — на изготовление кирпичей для футеровок шаровых мельниц, кремневые гальки — для измельчения различных масс в этих мельницах, сырье для производства лабораторной посуды, шлифовальный порошок, поделочный материал.

♦ Магнетит (магнитный железняк) Fe_3O_4 (гр. *magnetes* — магнитный камень)

Форма выделения — плотные сливные мелкокристаллические агрегаты (иногда в виде вкрапленности в породе), кристаллы в виде октаэдров.

Цвет — железо-черный.

Черта — черная.

Блеск — металлический.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — отсутствует.

Излом — неровный.

Твердость — 5,5—6.

Плотность — 4,9—5,3 г/см³.

Главные диагностические признаки: магнитность, цвет, цвет черты, высокая твердость и плотность.

Происхождение: магматическое, контактово-метасоматическое, гидротермальное, метаморфическое, встречается в россыпях.

Месторождения: Круглогорское, Кусинское, Первоуральское, Магнитка, Благодатское, Качканарское на Урале, Курская магнитная аномалия.

Применение — сырье для выплавки чугуна и стали.

♦ Лимонит (бурый железняк) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (смесь гидроксидов железа, аморфный минерал)

Форма выделения: натечные массы, в виде жеод и конкреций, встречаются плотные и землистые охристые агрегаты.

Цвет: темно-бурый и черный, порошковые разности желтые и охристые.

Цвет черты — охряно-желтый, желтовато-бурый, бурый.

Блеск — матовый, стекловидный, иногда полуметаллический.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — отсутствует.

Излом — неровный, землистый, раковистый.

Твердость — 1–5 (в зависимости от физического состояния).

Плотность — 3,3–3,9 г/см³ (в зависимости от состава).

Главные диагностические признаки: цвет черты охряный, бурый, аморфный, раковистый излом.

Происхождение: гипергенное (в результате химического выветривания образует «железные шляпы» в зоне окисления железосо-

держащих сульфидов в верхней части месторождений); результат отложения водных соединений железа на дне болот и озер (болотная и озерная руда) и в мелководной части морских бассейнов при участии железобактерий; отложения у выходов железистых источников.

Месторождения: Орско-Халиловское, Алапаевское, Бакальское, Кыштымское, Карабашское (гипергенные месторождения Урала); озерные и болотные руды (Липецкая и Тульская области); современные озерные отложения (Карелия); месторождения сурика, умбры и охры (Курская магнитная аномалия).

Применение — железная руда, глинистые бурые железняки — сырье для производства красок.

2.1.4. Галогениды (галоиды)

Класс галогенидов насчитывает около 100 минералов, представляющих собой соли соляной кислоты HCl (хлориды), соли плавиковой кислоты HF (фториды), реже встречаются HBr (бромиды) и HI (йодиды). Для минералов этого класса характерна низкая твердость (2–4), совершенная спайность, прозрачность. Наибольшим распространением пользуются галит NaCl , сильвин KCl и флюорит CaF_2 .

♦ Галит (каменная соль) NaCl (гр. *hals* — соль)

Форма выделения — кристаллы кубической формы. Агрегаты — сплошные зернистые массы, друзы, натечные формы, корочки, налеты. Образует мономинеральную осадочную горную породу того же названия.

Цвет: бесцветный, белый, желтый, бурый, синий, черный.

Черта — белая.

Блеск — стеклянный, на поверхности выветривания жирный.

Прозрачность — от прозрачного до просвечивающего.

Спайность — совершенная по кубу.

Излом — ступенчатый по спайности.

Твердость — 2,5.

Плотность — 2,1—2,2 г/см³.

Особые свойства: соленый вкус, легко растворим в воде, гигроскопичен, хрупок.

Главные диагностические признаки: вкус, форма кристаллов, спайность, твердость.

Происхождение: осадочное, хемогенное (в озерах и морских лагунах, в виде натеков в соляных пещерах, у выходов соляных источников, «выцветы» в пустынных и степных районах на поверхности почвы); гидротермальное (на стенках кратеров вулканов).

Месторождения: озера Баскунчак и Эльтон (Волгоградская обл.), Соликамское (Пермская обл.), Соль-Илецкое (Оренбургская обл.), Усолье (Иркутская обл.).

Применение — пищевой продукт, сырье для получения соляной кислоты и ее солей, руда для получения металлического натрия и хлора. Соляные пещеры используют в лечебных целях.

♦ Сильвин KCl (по имени голландского химика Ф. Сильвия)

Форма выделения: кристаллы кубической формы, агрегаты от мелко- до крупнокристаллических, реже плотные сливные массы. Смесь галита, сильвина и карналлита образует горную породу сильвинит.

Цвет: бесцветный, молочно-белый, серый, розовато-красный.

Черта — бесцветная или белая.

Блеск — стеклянный, жирный.

Прозрачность — прозрачный, просвечивающий.

Спайность — совершенная по кубу.

Излом — ступенчатый по спайности.

Твердость — 2,5.

Плотность — 2 г/см³.

Особые свойства: горько-соленый вкус, растворим в воде, хрупок.

Главные диагностические признаки: вкус, форма кристаллов, твердость.

Происхождение: лагунный химический осадок, выпадающий в усыхающих бассейнах, встречается в виде выцветов на поверхности почв; продукт вулканического возгона (на стенках кратеров вулканов).

Месторождение — Соликамское (Пермская обл.).

Применение: сырье для калийных удобрений и получения металлического калия; используется для определения абсолютного возраста горных пород, в медицине, стекольной промышленности, пиротехнике, фотоделе, производстве красок. Прозрачный сильвин применяется в спектроскопах.

2.1.5. Карбонаты

Карбонаты — соли угольной кислоты H_2CO_3 , широко распространены в верхней части литосферы и насчитывают около 100 представителей. Для них характерна невысокая твердость (3–4), совершенная спайность в трех направлениях по ромбоэдру. К этому классу относятся: кальцит $CaCO_3$, доломит $CaMg(CO_3)_2$, магнезит $MgCO_3$, сидерит $FeCO_3$.

♦ Кальцит (известковый шпат) $CaCO_3$ (лат. *calcis* — известь)

Кальцит является одним из наиболее распространенных минералов в земной коре. Образует мономинеральные осадочные породы — известняк, мел, метаморфическую породу — мрамор. Разновидности: исландский шпат — прозрачный, бесцветный с двойным лучепреломлением (удваивает изображение, рассматриваемое через кристалл); мраморный оникс — полосчатые выделения кальцита.

Форма выделения: кристаллы призматической, таблитчатой, пластинчатой, дисковидной формы, иногда образуют двойники, щетки, друзы. Агрегаты зернистые, натечные (сталактиты, сталагмиты), оолиты, часто является цементирующим веществом (известковые песчаники).

Цвет: бесцветный, белый, желтовато-белый, голубой, серый, реже красный, бурый, черный.

Черта — белая.

Блеск — стеклянный.

Прозрачность — прозрачный (исландский шпат), просвечивающий по тонкому краю.

Спайность — совершенная в трех направлениях по ромбоэдру.

Излом — ровный, ступенчатый.

Твердость — 3.

Плотность — 2,71 г/см³.

Особые свойства — бурно реагирует с разбавленной соляной кислотой, хрупок, слаборастворим в воде.

Главные диагностические признаки: реакция с соляной кислотой, совершенная спайность, твердость.

Происхождение: осадочное (химические и биохимические осадки в виде известняков, мергеля, мела и известкового туфа); гидротермальное (кварц-карбонатные жилы); контактово-метаморфическое (скарны); метаморфическое (мрамор).

Месторождения: Осколь (Белгородская обл.), Михайловское (Курская обл.), Баженовское (Свердловская обл.), Слюдянка, Тажеранский массив, Коршуновское (Иркутская обл.), Белореченское (Адыгея) и др., исландский шпат в Красноярском крае, в Эвенкии.

Применение: в строительстве и химической промышленности, исландский шпат — в оптических приборах астрономических измерительных инструментах, радиоэлектронике, вычислительных устройствах.

♦ Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (по имени французского геолога Д. Доломье)

Образует мономинеральную осадочную горную породу того же названия, часто является примесью в известняках.

Форма выделения: кристаллы ромбоэдрической, призматической, таблитчатой формы. Агрегаты зернистые, скрытокристаллические, пористые землистые массы, реже почковидные.

Цвет: серовато-белый, иногда с желтоватым, голубоватым, зеленоватым оттенком, в землистых массах грязно-белый, желтоватый и буроватый, черный.

Черта — белая.

Блеск — стеклянный, матовый.

Прозрачность — в кристаллах просвечивающий, скрытокристаллические массы непрозрачные.

Спайность — совершенная в трех направлениях по ромбоэдру.

Излом — ровный, ступенчатый.

Твердость — 3,5—4.

Плотность — 2,8–2,9 г/см³.

Особые свойства: с раствором соляной кислоты реагирует только в порошке, очень слабо растворим в воде.

Главные диагностические признаки: реакция с соляной кислотой в порошке, спайность, твердость.

Происхождение: осадочное (хемогенное), гидротермальное (кварц-карбонатные жилы), метасоматическое (преобразование известняков).

Месторождения: Зырянское, Саткинское (Урал), Гремячевское (Поволжье), в Приморье.

Применение: в строительстве (облицовочный, бутовый камень и щебень, сырье для производства цемента, при производстве минеральной ваты и теплоизоляционных изделий); в металлургии (сырье для огнеупоров, флюс), для производства стекла и глазури, белой магнезии, в сельском хозяйстве.

2.1.6. Сульфаты

Сульфаты — природные соли серной кислоты H_2SO_4 , характеризующиеся низкой твердостью (2—4). К этому классу минералов относятся ангидрит $CaSO_4$ и гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Ангидрит $CaSO_4$ (гр. *hydratos* — водный и отрицательная частица *a*)

Образует мономинеральную осадочную горную породу того же названия. Сравнительно легко растворяется в воде. В присутствии воды при атмосферном давлении постепенно переходит в гипс, сильно увеличиваясь в объеме (до 30 %).

Форма выделения — кристаллы редки, агрегаты плотные мелкокристаллические, волокнистые.

Цвет — белый с серым, голубоватым, иногда розовым оттенком.

Черта — белая.

Блеск — стеклянный, перламутровый на плоскости спайности.

Прозрачность — полупрозрачный минерал, в агрегате просвечивает по тонкому краю.

Спайность — совершенная в трех направлениях по кубу.

Излом — неровный.

Твердость — 3—4, хрупкий.

Плотность — 2,9—3 г/см³.

Главные диагностические признаки: цвет, блеск, твердость, растворяется в воде.

Происхождение: осадочное (лагунный химический осадок), гидротермальное (в рудных жилах в ассоциации с сульфидами), продукт возгона и отложения горячих растворов (в вулканических районах).

Месторождения: Кунгур (Пермская обл.), Артемовское и Славяновское (Донбасс), Самарская Лука (Самарская обл.).

Применение — производство цемента, серной кислоты; как удобрение в сельском хозяйстве.

♦ Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гр. *gypsos* — мел, известь)

Разновидности: селенит — волокнистый, параллельно-игольчатый гипс; марьино стекло или шпатовый гипс — прозрачный гипс. Образует мономинеральную осадочную горную породу того же названия. Гипс растворяется в воде. При нагревании в условиях атмосферного давления гипс начинает терять воду при 80–90 °С и при температуре 120–140 °С полностью переходит в полугидрат — модельный, или штукатурный, гипс (алебастр); при температуре 400–750 °С переходит в обыкновенный ангидрит, а при температуре свыше 750 °С — в строительный гипс, который медленно твердеет при замешивании с водой.

Форма выделения: кристаллы призматические, пластинчатые, таблитчатые, столбчатые и игольчатые (селенит), реже дисковидные. Часто встречаются двойники, напоминающие ласточкин хвост, сростания дисковидных кристаллов, по внешнему виду напоминающие каменные розы. Агрегаты плотные зернистые, мелкозернистые, волокнистые, реже чешуйчатые, землистые.

Цвет: бесцветный, белый, серый, реже розоватый, желтоватый, красный.

Черта — белая.

Блеск: стеклянный, перламутровый на поверхностях спайности, шелковистый (селенит).

Прозрачность — прозрачный, просвечивающий по тонкому краю.

Спайность — весьма совершенная в одном направлении.

Излом — ровный или ступенчатый, занозистый (селенит).

Твердость — 2.

Плотность — 2,3 г/см³.

Главные диагностические признаки: светлый минерал, царапается ногтем, весьма совершенная спайность в одном направлении.

Происхождение: осадочное (химический осадок засоленных озер и лагун), гидратация ангидрита.

Месторождения: гипс — в Башкирии, Татарии, Архангельской, Иркутской и Пермской областях, селенит — в окрестностях Кунгура (Пермская обл.).

Применение: сырой (природный) гипс — в производстве строительных материалов (вяжущая добавка к портландцементу, при кирпичной и каменной кладке, для набивных полов, изготовления кирпичей, плит для подоконников, лестниц); в химической промышленности (производство красок, эмали, глазури). Модельный (полуобожженный) гипс — в строительном деле для получения отливок, гипсовых слепков, лепных украшений карнизов,

штукатурки потолков и стен, а также в хирургии и бумажном производстве; селенит — в камнерезном деле как поделочный материал.

2.1.7. Фосфаты

Фосфаты — минералы, представленные солями ортофосфорной H_3PO_4 кислоты. Характеризуются средней твердостью и светлой окраской. Представитель класса фосфатов — минерал апатит.

Апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$ (гр. *apate* — обманываю)

Форма выделения — кристаллы в форме шестигранных призм и игольчатых кристаллов. Агрегаты — зернистые сахаровидные массы, иногда лучистые. В магматических породах присутствует как акцессорный минерал, в осадочных породах образует фосфоритовые конкреции.

Цвет: голубой, желто-зеленый, фиолетовый, синий, бирюзовый, иногда бесцветный, белый.

Черта — белая.

Блеск — стеклянный, в изломе жирный.

Прозрачность: прозрачный, просвечивающий по тонкому краю, непрозрачный в фосфоритовых конкрециях.

Спайность — несовершенная.

Излом — неровный, раковистый.

Твердость — 5.

Плотность — 3,2—3,4 г/см³.

Главные диагностические признаки: форма кристаллов, зернистые агрегаты напоминают подмоченный сахарный песок, цвет, твердость (apatит от сходных по цвету берилла и аквамарина отличается меньшей твердостью — не царапает стекло), очень хрупкий.

Происхождение: магматическое (результат дифференциации магмы вместе со щелочными породами); контактово-метасоматическое (результат воздействия летучих компонентов магмы

на контактируемые с ней известняки); гидротермальное, осадочное (образование фосфоритов).

Месторождения: магматического генезиса — Хибины (Кольский п-ов), в глубинных щелочных магматических породах и пневматолитовых образованиях — Ильменские горы (Урал). Крупные кристаллы апатита контактово-метасоматического происхождения — в Прибайкалье (р. Слюдянка). Фосфориты осадочного происхождения широко распространены в центральных районах Русской платформы.

Применение — производство фосфора, фосфорной кислоты и ее солей, применяемых в военном деле, медицине, керамической, текстильной, пищевой промышленности, суперфосфатных удобрений.

2.1.8. Силикаты

Силикаты представляют собой многочисленный класс минералов — до 700 представителей, в том числе важнейшие породообразующие минералы (полевые шпаты, пироксены, амфиболы, слюды и др.).

Основой кристаллической решетки силикатов является кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$, представляющий в центре ион кремния Si^{4+} в окружении четырех ионов кислорода O^{2-} (рис. 2, а). Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, за счет которых происходит присоединение ионов других химических элементов Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, реже Mn, Ti, B, Zr, Li и др. В силикатах между анионными радикалами наблюдаются ковалентные связи, между анионами и катионами — ионные связи, водородные связи — в минералах, содержащих гидроксильную группу OH^- или воду H_2O . В силикатах часто встречается замещение иона кремния на ион алюминия (изоморфизм) с образованием алюмосиликатов.

Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут находиться изолированными друг от друга, а могут соединяться

между собой различными способами. В зависимости от способа их соединения выделяют силикаты различного состава.

Островные силикаты — с изолированными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$ (рис. 2, а), со сдвоенными тетраэдрами $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ (рис. 2, б); с кольцевыми группировками тетраэдров, объединяющими 3, 4 или 6 тетраэдров, с соответствующими радикалами $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ и $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ (рис. 2, в, г). Характерными признаками этой группы минералов является изометрическая форма кристаллов, высокая твердость и плотность.

Цепочечные силикаты — с одинарными цепочками тетраэдров с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ (рис. 2, д, е), представители — пироксен, авгит.

Ленточные силикаты — с непрерывными обособленными лентами со сдвоенной цепочкой тетраэдров с радикалом $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ (рис. 2, ж), представитель — роговая обманка. Для цепочечных и ленточных силикатов характерны общие свойства: удлиненной формой кристаллы, темная окраска, совершенная спайность по двум направлениям.

Листовые силикаты состоят из кремнекислородных $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ (рис. 2, и) или алюмокислородных $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$ слоев. Слои кремнекислородных тетраэдров обособлены друг от друга и связаны катионами. Представители: слюды, тальк, серпентин, хризотил-асбест, хлориты, каолинит. Характерными свойствами данной группы минералов является весьма совершенная спайность в одном направлении, гексагональная форма кристаллов.

Каркасные силикаты имеют непрерывный трехмерный каркас из алюмо- и кремнекислородных тетраэдров, в которых часть ионов Si^{4+} замещается на ион Al^{3+} . В результате этого замещения появляется одна свободная валентность, позволяющая присоединять катионы калия и натрия (рис. 2, к). Характерной особенностью этих минералов является светлая окраска и твердость 5–7 (полевые шпаты).

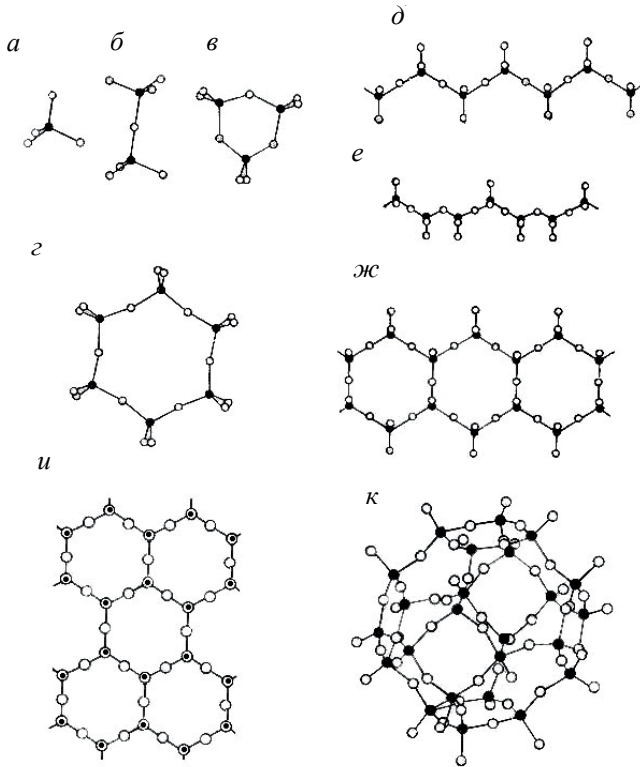


Рис. 2. Схемы структур силикатов различного состава:

а-г — островные силикаты; *д-е* — цепочечные силикаты; *ж* — ленточные силикаты; *и* — листовые силикаты; *к* — каркасные силикаты

♦ Оливин $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ (перидот) (гр. *olive* — олива)

Оливин относится к островным силикатам. Важнейший породообразующий минерал земной коры и мантии. Входит в состав ультраосновных и основных горных пород (перидотитов, габбро, долеритов, базальтов), а также может образовывать мономинеральную плутоническую породу — дунит. В коре выветривания

малоустойчив и переходит в змеевик (серпентин). Прозрачная разновидность желтовато-зеленого цвета хризолит — драгоценный камень.

Форма выделения — в виде зернистых агрегатов или плотных сливных масс, правильные кристаллы очень редки.

Цвет: оливково-зеленый, бутылочно-зеленый, желтовато-зеленый, иногда черный.

Черта — нет.

Блеск — стеклянный, жирный на изломе.

Прозрачность — непрозрачный, в кристаллах прозрачный.

Спайность — несовершенная.

Излом — раковистый.

Твердость — 6,5—7.

Плотность — 3,2—4 г/см³.

Главные диагностические признаки: цвет, блеск, твердость.

Происхождение — магматическое (в результате дифференциации магм, кристаллизуется одним из первых).

Месторождения: оливиновые породы широко распространены на Северном и Среднем Урале. Хризолит встречается близ Екатеринбурга, на Таймыре.

Применение: маложелезистые оливины — для изготовления огнеупорных кирпичей; как магниезальное удобрение. Хризолиты используются в ювелирном деле.

♦ Авгит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ (гр. *auge* — блеск)

Сильный стеклянный блеск на плоскостях спайности. Цепочечный силикат относится к группе пироксенов. Пироксены являются главными породообразующими минералами литосферы, входят в состав ультраосновных, основных, в меньшей мере средних магматических пород. Могут образовывать мономинеральные плутонические породы — пироксениты. В коре выветривания умеренно устойчивы, при разрушении образуют хлорит, лимонит, каолинит.

Форма выделения: короткопризматические кристаллы, для разрезов характерны очертания восьмиугольника с практически

одинаково развитыми сторонами. Агрегаты — зернистые массы.

Цвет — черный, реже с зеленоватым или буроватым оттенком.

Черта — зеленоватая, буроватая.

Блеск — стеклянный.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — средняя по призме под углами 87 и 93°.

Излом — неровный, раковистый.

Твердость — 5–6.

Плотность — 3,3–3,5 г/см³.

Главные диагностические признаки: блеск, цвет, угол между плоскостями спайности.

Происхождение — магматическое, контактово-метаморфическое (скарны).

Применение — строительный материал; присутствие авгита создает трудности при полировке.

♦ Роговая обманка (нем. *horn* — рог и *blend* — обманка) $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$

Минерал относится к группе ленточных силикатов и алюмосиликатов — амфиболам. Главный породообразующий минерал магматических пород среднего, реже основного состава, а также метаморфических пород (амфиболитов, гнейсов). Может образовывать мономинеральную плутоническую породу — горнблендит. В коре выветривания роговая обманка умеренно устойчива, при разрушении переходит в хлорит, лимонит, глинистые минералы.

Форма выделения: кристаллы призматические, столбчатые, игольчатые. В разрезе очертания шестиугольника. Агрегаты — зернистые массы, сложенные удлинёнными зёрнами.

Цвет — темно-зеленый, черный.

Цвет черты — бледно-зеленая, бледно-серая.

Блеск — стеклянный.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — совершенная в двух направлениях, между плоскостями спайности угол 56° и 124°.

Излом — ступенчатый.

Твердость — 5,5–6.

Плотность — 3,1–3,3 г/см³.

Главные диагностические признаки: удлиненная форма кристаллов, цвет, характерный угол между плоскостями спайности.

Происхождение: магматическое, метаморфическое (амфиболитовая и гранулитовая фации), контактово-метаморфическое.

Применение — строительный материал; присутствие роговой обманки придает породе вязкость при обработке.

Каолинит $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (кит. gao ling — высокие горы)

Минерал относится к слоистым силикатам, в структуре которых кремнекислородные тетраэдры образуют двухслойные пакеты. Образует мономинеральную осадочную породу каолин, а также встречается как существенная составляющая в различных глинах. Устойчив к выветриванию.

Форма выделения — агрегаты — землистые, рыхлые, плотные, тонкочешуйчатые массы.

Цвет: белый, желтоватый, буроватый, реже зеленоватый, голубоватый.

Цвет черты — белый.

Блеск агрегатов — сплошных масс матовый, отдельных чешуек перламутровый.

Прозрачность — непрозрачный.

Спайность — весьма совершенная в одном направлении.

Излом — раковистый, землистый.

Твердость — 1.

Плотность — 2,6 г/см³.

Особые свойства: при увлажнении образует пластичную массу, в сухом состоянии прилипает к языку, гигроскопичен.

Главные диагностические признаки: светлая окраска, при увлажнении — запах глины, жирный на ощупь, низкая твердость (царапается ногтем), размокает в воде.

Происхождение — экзогенное, образуется при выветривании полевых шпатов, слюд.

Месторождения: Кыштымское, Еленинское, Троицко-Байновское (Урал), Балейское (Восточная Сибирь), Чалганское (Дальний Восток).

Применение: сырье для керамической промышленности, для очистки и осветления нефтепродуктов; в строительстве — водо-задерживающий материал в качестве защитного слоя под полами подвальных помещений, для набивки вокруг фундаментов, при возведении водохранилищных плотин и т. д.

Серпентин $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$ (лат. *serpens* — змея)

Пятнисто-полосчатые агрегаты называют змеевиком. Разновидности: хризотил-асбест — волокнистые агрегаты; антигорит (назван по месту находки в Антигорио, Италия) — листоватые, чешуйчатые агрегаты.

Форма выделения: плотные скрытокристаллические массы, волокнистые (хризотил-асбест), чешуйчатые (антигорит).

Цвет: темно-зеленый, зеленовато-черный, часто с пятнистым рисунком; желто-зеленый, белый, зеленоватый (асбест).

Цвет черты — белый.

Блеск: матовый (плотные массы), стеклянный (пластинчатые агрегаты), шелковистый (волокнистые разновидности).

Прозрачность — непрозрачный, просвечивающий по тонкому краю.

Спайность — отсутствует (плотные агрегаты), весьма совершенная (пластинчатые, волокнистые агрегаты асбеста).

Излом: ровный (пластинчатые агрегаты), раковистый (плотные скрытокристаллические агрегаты), занозистый (асбесты).

Твердость — 2,5—4, асбест — 2—3.

Плотность — 2,5—2,6 г/см³.

Главные диагностические признаки: окраска, волокнистые пролои хризотил-асбеста, твердость (не царапает стекло).

Происхождение: экзогенное (результат процессов химического выветривания ультраосновных пород), метасоматическое (результат

тат воздействия на ультраосновные магматические породы гидротермальных растворов).

Месторождения: Баженовское (Урал), Аспагаш, Бис-Таг (Красноярский край).

Применение: плотные красиво окрашенные разновидности — облицовочный и поделочный камень, сырье для изготовления высокосортных огнеупорных форстеритовых кирпичей в черной металлургии. Хризотил-асбест — огнестойкий и кислотоупорный материал. Длинноволокнистый асбест (текстильный) — сырье для изготовления несгораемых тканей и тормозных лент.

♦ Тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ (араб. *talg*)

Минерал относится к слоистым силикатам, в структуре которых кремнекислородные тетраэдры образуют трехслойные пакеты. В качестве главной составляющей входит в состав метаморфической породы тальковые сланцы. Разновидности: благородный тальк, стеатит, жировик, или мыльный камень. Устойчив к выветриванию.

Форма выделения: кристаллы редки, агрегаты листоватые, чешуйчатые плотные (стеатит).

Цвет: белый, бледно-зеленый, желтоватый, серый, голубовато-зеленоватый.

Черта — белая.

Блеск — стеклянный с перламутровым отливом.

Прозрачность — непрозрачный, просвечивающий по краю, тонкие листочки благородного талька прозрачные.

Спайность — весьма совершенная в одном направлении.

Излом — по спайности ровный.

Твердость — 1.

Плотность — 2,6—2,8 г/см³.

Особые свойства: жирный на ощупь, чешуйки гибкие, неупругие.

Главные диагностические признаки: цвет, твердость (царапается ногтем), жирный на ощупь.

Происхождение: воздействие гидротермальных вод, содержащих уголекислоту и кремнезем, на магнезиальные силикаты (оливин, пироксены, амфиболы, серпентин, слюды, хлориты), алюмосиликаты и некоторые осадочные породы (доломит).

Месторождения: Шабровское, Медведевское (Урал), Онотское (Восточные Саяны).

Применение: кислотоупорный и огнеупорный материал, сырье для производства керамики; в медицине, косметике; бумажной, текстильной, резиновой и красочной (водонепроницаемые и огнеупорные краски) промышленности.

♦ Хлорит $(\text{Mg,Fe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (гр. *chloros* — зеленый)

Хлориты относятся к слоистым водным алюмосиликатам со сложным составом, в структуре которых кремнекислородные тетраэдры образуют четырехслойные пакеты. Образуют мономинеральную метаморфическую горную породу хлоритовый сланец, часто встречаются в магматических породах, замещая роговую обманку, авгит или биотит.

Форма выделения: кристаллы в виде чешуек, табличек. Агрегаты листоватые, чешуйчатые, слюдоподобные образования.

Цвет — зеленый различных оттенков в зависимости от содержания железа, черный.

Цвет черты — бледно-зеленый, зеленовато-белый.

Блеск — шелковистый, перламутровый на плоскостях спайности.

Прозрачность — непрозрачные или просвечивающие по тонкому краю.

Спайность — весьма совершенная.

Излом — в агрегатах неровный, занозистый.

Твердость — 2–2,5.

Плотность — 2,6–2,8 г/см³.

Главные диагностические признаки: цвет, весьма совершенная спайность, низкая твердость (царапается ногтем), листочки гибкие, хрупкие.

Происхождение: метаморфическое — породообразующий минерал зеленых сланцев; гидротермальное — хлоритизация ультраосновных горных пород.

Применение — практического значения не имеет.

♦ Мусковит $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$ (англ. *muscovite*)

Минерал группы слюд. Крупные прозрачные листы мусковита вывозились из Московии (старинное название России) и использовались для застекления окон. Разновидности: *серицит* — светлый мелкочешуйчатый мусковит с шелковистым блеском, характерен для метаморфических пород (серицитовые сланцы, филлит); *фуксит* — хромсодержащий мелкочешуйчатый изумрудно-зеленого цвета мусковит, входит в состав лиственита.

Мусковит входит в состав магматических пород (граниты), встречается в осадочных породах (песчаниках), присутствует в метаморфических породах (гнейсы, кристаллические сланцы), может образовывать мономинеральную метаморфическую породу — слюдяные сланцы. В зоне выветривания не изменяется, отрицательно влияет на прочность богатых слюдой пород со сланцеватыми текстурами.

Форма выделения — кристаллы пластинчатые, агрегаты чешуйчатые, листоватые массы.

Цвет: бесцветен (в тонких листах), часто с желтоватым, сероватым, зеленоватым, иногда с красноватым оттенком.

Цвет черты — белый.

Блеск: стеклянный, перламутровый на плоскостях спайности, шелковистый (серицит).

Прозрачность — прозрачный, полупрозрачный. Серицит просвечивает по тонкому краю.

Спайность — весьма совершенная в одном направлении.

Излом — ровный, ступенчатый.

Твердость — 2—2,5.

Плотность — 2,8—3,1 г/см³.

Главные диагностические признаки: форма выделения, весьма совершенная спайность, низкая твердость (царапается ногтем), листочки гибкие и упругие.

Происхождение: магматическое (в кислых породах, пегматитах); гидротермальное (серицит); метаморфическое (гнейсы, кристаллические сланцы).

Месторождения: Урал, Иркутская область в бассейнах рек Мама и Чуя, Карелия, Кольский полуостров, Восточные Саяны (Бирюсинское).

Применение: в электропромышленности, радиотехнике, приборостроении (диэлектрик), огнеупорный материал. Мелкая слюда — для производства кровельных материалов (толь), смазочных веществ, обоев, писчей бумаги, точильных камней, автомобильных шин, огнеупорных красок.

♦ Биотит $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ (в честь французского физика Жана Батиста Био)

Самый распространенный минерал в группе слюд. Породообразующий минерал магматических и метаморфических пород образует мономинеральную метаморфическую породу слюдяной сланец. В конечной стадии химического выветривания переходит в лимонит, глину. Большое содержание биотита в горной породе отрицательно влияет на ее прочностные свойства, особенно при слоистом расположении слюдяных минералов.

Форма выделения: кристаллы таблитчатой, пластинчатой, короткопризматической, столбчатой формы. Агрегаты листоватые, пластинчатые, чешуйчатые.

Цвет — зеленовато-бурый, черный.

Цвет черты: коричневым, черным, бурый.

Блеск — стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом.

Прозрачность — прозрачный и полупрозрачный минерал, в агрегатах просвечивающий по краю.

Спайность — весьма совершенная в одном направлении.

Излом — ровный, ступенчатый.

Твердость — 2–3.

Плотность — 3–3,1 г/см³.

Главные диагностические признаки: чешуйчатые агрегаты, листочки гибкие, упругие, цвет, блеск, весьма совершенная спайность, низкая твердость.

Происхождение: магматическое (плутонические — граниты сиениты, диориты; вулканические — риолиты, трахиты; в пегматитовых жилах); метаморфическое (продукты регионального метаморфизма — слюдяные сланцы, гнейсы; контактового метаморфизма — роговики).

Месторождения — крупные кристаллы встречаются на Урале.

Применение: для изготовления смазок, бронзовой краски, в оптическом приборостроении, в производстве электроизоляционных материалов, декоративных типов цемента.

♦ Полевые шпаты

Они являются наиболее распространенными породообразующими минералами (более 50 % массы земной коры) и относятся к каркасным силикатам с непрерывными трехмерными каркасами из связанных между собой алюмо- $[\text{AlO}_4]^{5-}$ и кремнекислородных тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Полевые шпаты входят в состав большинства магматических и метаморфических пород. Способны образовывать изоморфные ряды: $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, иногда содержат Sr^{2+} , Ba^{2+} . По составу полевые шпаты разделяют на две большие группы: калиево-натриевые и кальциево-натриевые (плагиоклазы).

Для большинства полевых шпатов характерна светлая окраска, твердость 5–6, совершенная и средняя спайность в двух направлениях.

Группа калиевых полевых шпатов включает в себя минералы микроклин и ортоклаз.

♦ Ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — прямо раскалывающийся (гр. *orthos* — прямой и *klastikos* — раздробленный)

Породообразующий минерал в кислых и средних магматиче-

ских породах, в пегматитах и метаморфических породах. При выветривании переходит в каолин и другие глинистые минералы.

Форма выделения — кристаллы призматические, образуют двойники. Агрегаты зернистые, друзы, в виде вкрапленников в вулканических магматических породах. В пегматитовых жилах встречались кристаллы гигантских размеров, массой десятки тонн.

Цвет: светло-желтый, розовый, красноватый, белый.

Цвет черты — белый.

Блеск — стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый.

Прозрачность — просвечивающий по тонкому краю, непрозрачный.

Спайность — совершенная в двух направлениях, угол между плоскостями 90° .

Излом — неровный, ступенчатый.

Твердость — 6.

Плотность — $2,5\text{—}2,6\text{ г/см}^3$.

Главные диагностические признаки: спайность под углом 90° , твердость, цвет.

Происхождение: магматическое, связано с гранитными пегматитами, гидротермальное.

Применение: сырье для стекольной и керамической промышленности; лунный и солнечный камень используют в ювелирном деле.

♦ Кальциево-натриевые полевые шпаты, или плагиоклазы

Косо раскалывающийся (гр. *plagios* — косой и *klasis* — разлом) угол между двумя плоскостями спайности около 86° . Подгруппа плагиоклазов представляет собой непрерывный изоморфный ряд минералов, крайними членами которого являются альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Содержание SiO_2 постепенно уменьшается от альбита к анортиту, и по содержанию SiO_2 плагиоклазы делятся на три подгруппы: кислые (натриевые), средние (натриево-кальциевые) и основные (существенно кальциевые) плагиоклазы. Плагиоклазы являются главными породообразующими минералами лабрадорита и анортозита, входят в состав ос-

новых плутонических пород, встречаются в виде вкрапленников в вулканических породах, входят в состав амфиболитов.

♦ Лабрадор (Na, Ca) $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (полуостров *Labrador* (Канада))

Относится к средним плагиоклазам. Образует плутоническую мономинеральную породу лабрадорит. Входит в состав основных плутонических, метаморфических пород и пегматитов. В коре выветривания неустойчив, продукты выветривания — глинистые минералы.

Форма выделения — сплошные крупнозернистые агрегаты, кристаллы редки.

Цвет: серый, темно-серый, черный.

Черта — белая.

Прозрачность — полупрозрачный, просвечивающий по тонкому краю.

Блеск — стеклянный, перламутровый.

Излом — ровный.

Спайность — совершенная в двух направлениях под углом 86° .

Твердость — 6.

Плотность — $2,6\text{--}2,8\text{ г/см}^3$.

Особые свойства — иризация синяя или сине-зеленая.

Главные диагностические признаки: иризация, спайность, твердость.

Происхождение — магматические и метаморфические горные породы, пегматиты.

Месторождения: Добрынское (Волгоградская обл.), в Мурманской обл.

Применение — строительный и облицовочный камень.

2.2. Задания к выполнению лабораторной работы

Цель работы — научиться диагностировать наиболее распространенные породообразующие минералы по их физическим свойствам и характерным внешним признакам.

Оборудование: эталонные и рабочие коллекции пороодообразующих минералов, наборы шкалы твердости Мооса, неглазурованная керамическая пластинка «фарфоровый бисквит», магнит, минералогическая лупа, пузырек с 10 % раствором соляной кислоты (надежно закрытый), стеклянная пластинка для определения твердости пород.

Выполнение лабораторной работы рассчитано на 4 часа. Порядок выполнения лабораторной предусматривает ее осуществление в два этапа: под руководством преподавателя и самостоятельно.

На первом этапе преподаватель с помощью эталонных коллекций знакомит студентов со свойствами каждого минерала. Все диагностические признаки фиксируются студентами в тетради для лабораторных работ, в таблице.

Описание физических свойств минералов

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минеральных агрегатов	Физические свойства минералов						
		Цвет	Цвет черты	Блеск	Спайность и излом	Твердость	Специфические свойства	Примечание
Самородные элементы								
Сульфиды								
Оксиды и гидроксиды								
Галогениды								
Сульфаты								
Фосфаты								
Силикаты								

Затем совместно со студентами производит определение внешних диагностических признаков 2–3 минералов из рабочей коллекции.

На этапе самостоятельной работы студенты производят диагностику 3 минералов из рабочей коллекции. Поочередно для каждого минерала определяется и записывается набор характерных физических свойств и название минерала в таблицу прил. 1. Результат определения минерала сверяется с заполненной таблицей описания физических свойств минералов и с описанием в гл. 2 настоящего пособия. Правильность результата проверяется с преподавателем.

Глава 3. Диагностика магматических горных пород

3.1. Общие сведения

Горные породы представляют собой естественные минеральные агрегаты, образовавшиеся в результате остывания расплавленной магмы, накопления осадков, преобразования ранее существующих пород в процессе метаморфизма и залегающие в земной коре в виде самостоятельных геологических тел.

Петрография — наука, занимающаяся изучением, описанием и классификацией горных пород и образованных ими геологических тел как объектов с определенным минеральным и химическим составами, текстурами, структурами и условиями залегания.

По условиям образования (по генетическим критериям) горные породы условно делятся на типы: магматические, осадочные, метаморфические, метасоматические и коптогенные. Породы каждого типа подразделяются по различным критериям на таксоны более низких рангов — классы (по фациальным особенностям), отряды, семейства, виды, а также разновидности (по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям).

Любая горная порода характеризуется химическим и минеральным составом. Химический состав показывает количественные соотношения химических элементов, входящих в состав

пород, а минеральный — из каких минералов они состоят. При одинаковом химическом составе горные породы могут иметь разный минеральный состав, поэтому главную роль в их диагностике играет минеральный состав.

Горные породы могут быть мономинеральными, состоящими из одного минерала (серпентинит, лабрадорит, галит), и полиминеральными, состоящими из нескольких минералов (гранит, гнейс). Главные породообразующие минералы составляют более 5–10 % объема горной породы и определяют тип горной породы.

Строение горной породы характеризуется структурой и текстурой.

Структура характеризует внутреннее строение породы, обусловленное абсолютным и относительным размером минеральных зерен или обломков, их формой, степенью кристалличности.

Текстура характеризует сложение горной породы, взаиморасположение и ориентировку минеральных зерен и их агрегатов в пространстве.

3.2. Общие сведения о магматических породах

Магматические горные породы образуются в результате охлаждения, затвердевания и кристаллизации магмы на различных глубинах или на поверхности земли.

Магма представляет собой тестообразный расплав сложного силикатного состава, содержащий в растворенном виде летучие компоненты (различные газы, пары воды). Поднимаясь вверх, магма внедряется в окружающие относительно холодные породы, расплавляет их, поглощает воду, теряя при этом тепло, начинает медленно остывать и кристаллизоваться. На больших глубинах при высоких значениях температуры и давления происходит медленное остывание, постепенная и последовательная кристаллиза-

ция магмы с образованием полнокристаллических пород. Первыми кристаллизуются тяжелые зелено-черные минералы оливин, авгит, лабрадор, затем — более легкие роговая обманка, слюды, ортоклазы, последним — кварц.

Магма, поднимаясь до поверхности земли, в зависимости от ее вязкости может изливаться в виде лавовых потоков, выжиматься, образуя купола, или при взрывах выбрасываться в атмосферу, где она застывает и падает на поверхность в виде обломков различного размера. В условиях быстрого остывания и резкого понижения давления, лава быстро затвердевает, не успевая раскристаллизоваться, образуя неполнокристаллические или стекловатые горные породы.

Магматические горные породы по критерию фации глубинности их становления (формирования) подразделены на три класса: plutonические, гипабиссальные и вулканические породы.

Плутонические (внедрившиеся, интрузивные) породы — полнокристаллические породы, формирующиеся в земной коре на значительной глубине при длительной кристаллизации магмы (несколько тысяч лет). Плутонические породы образуют интрузивные тела крупного и среднего размера (батолиты, лакколиты, лополиты, штоки и др.).

Гипабиссальные (жильные) породы формируются в результате кристаллизации магматических расплавов на относительно небольших глубинах. По условиям формирования и соответственно по структурным признакам являются промежуточными между плутоническими и вулканическими. Гипабиссальные породы образуют малые интрузивы — дайки, силлы, небольшие штоки.

Вулканические (излившиеся, эффузивные) породы — афировые и порфиоровые неполнокристаллические (сочетание кристаллов и вулканического стекла) и стекловатые породы, сформировавшиеся в результате быстрой кристаллизации магматического расплава вблизи или на земной поверхности. Вулканические породы образуют покровы, потоки, купола.

К этому же классу относятся вулканические обломочные породы, являющиеся продуктами дезинтеграции в процессе вулканической деятельности взрывного типа, когда выброшенный в атмосферу рыхлый обломочный (пирокластический) материал оседает на суше или дне водоемов, со временем уплотняется и превращается в сцементированные вулканогенные обломочные (пирокластические) породы. По составу это вулканические породы, а по структуре и текстуре — осадочные обломочные породы.

При макроскопическом описании и определении магматических горных пород важными диагностическими признаками являются их структурно-текстурные признаки и вещественный состав.

3.3. Структурно-текстурные особенности магматических пород

Класс магматических горных пород несложно определить по внешнему облику породы, ее структурным и текстурным особенностям.

Структуры магматических пород обусловлены степенью кристалличности (наличием или отсутствием вулканического стекла) и размером слагающих породу зерен.

По степени кристалличности вещества различаются следующие структуры:

- полнокристаллические — порода полностью состоит из кристаллических зерен минералов;
- неполнокристаллические — часть вещества состоит из кристаллов, другая — в виде вулканического стекла;
- стекловатые — вся порода сложена вулканическим стеклом.

По относительному размеру зерен в породах различают структуры:

- равномернокристаллические, или равномернозернистые (размеры минеральных зерен близки по величине в полнокристаллической породе); далее по абсолютному размеру зерен различают структуры — скрытокристаллические (афанитовые) с размерами зерен менее 0,1 мм, мелкокристаллические (мелкозернистые) 0,1—1 мм, среднекристаллические 1—3 мм, крупнокристаллические 3—10 мм, гигантокристаллические — более 10 мм;
- неравномернокристаллические (различные размеры минеральных зерен) — наблюдаются в полнокристаллических и неполнокристаллических породах;
- порфировидные — свойственны полнокристаллическим породам; выделяются отдельные крупные кристаллы на общем фоне примерно одинаковых меньших по размеру кристаллов;
- порфировые — свойственны неполнокристаллическим породам, кристаллы отдельных минералов (вкрапленники, или порфиры), резко выделяются своими крупными размерами от окружающей скрытокристаллической или очень мелкозернистой основной массы;
- афировые — присущи неполнокристаллическим породам, состоящим из мелкокристаллической основной массы без вкрапленников.

Кроме перечисленных структур, можно выделить распространенную в жильных породах структуру взаимного прорастания калиевого полевого шпата кварцем, получившую название пегматитовой.

Полнокристаллические структуры характерны для плутонических (интрузивных) и гипабиссальных пород, неполнокристаллические и стекловатые структуры — для вулканических (эффузивных) пород, порфировые структуры — для гипабиссальных и вулканических пород.

Текстуры магматических пород характеризуют расположение минеральных зерен и их агрегатов в пространстве, степень заполнения пространства минеральным веществом.

По степени заполнения пространства различают текстуры:

- плотные (компактные) — отдельные зерна минералов в породе тесно прилегают друг к другу;
- пористые (некомпактные) — в породе можно различить наличие пустот, каверн, мелких пор.

Среди компактных текстур выделяют текстуры, характеризующие взаиморасположение минеральных зерен в пространстве:

- массивная текстура отличается беспорядочным равномерным расположением минеральных зерен в породе;
- полосчатая текстура выражается в чередовании полос различного цвета, строения или различного минерального состава;
- флюидальная текстура характерна для пород со стекловатой структурой, видны следы течения струй магматического материала;
- пятнистая текстура обусловлена пятнистым, неравномерным распределением цветных минералов в породе;
- миндалекаменная текстура образуется при заполнении пор и пустот затвердевшей лавы вторичными минералами (опалом, халцедоном, кварцем, карбонатами). Миндалины отличаются от вкрапленников округлой формой.

Среди некомпактных текстур в зависимости от размеров и количества пустот или пор различают текстуры:

- пористые — в породе присутствуют пустоты округлой или неправильной формы, возникающие в результате консервации пузырьков газа и паров при застывании лавы;
- пенистые (пемзовые) — образуются при вспенивании лавы, в породе преобладает объем, занимаемый порами и пустотами.

Каждому генетическому классу магматических пород свойственны определенные структуры и текстуры (табл. 1).

Таблица 1

Структуры и текстуры магматических пород

Классы магматических пород	Структуры	Текстуры
Плутонические (интрузивные) породы	Полнокристаллические: равномернокристаллическая различной крупности, неравномернокристаллическая порфировидная	Плотные (компактные): массивная, пятнистая, полосчатая
Гипабиссальные (жильные) породы	Полнокристаллические: равномернокристаллическая скрытокристаллическая (афанитовая) и мелкозернистая, пегматитовая. Непополнокристаллические: порфировая, афировая	Плотные (компактные): массивная, письменная
Вулканические (эффузивные) породы	Непополнокристаллические: порфировая, афировая. Стекловатые	Плотные (компактные): массивная, флюидальная, миндалекаменная. Некомпактные: пористая, пенистая (пемзовая)

3.4. Химический и минеральный состав магматических пород

Химический и минеральный состав магматических горных пород находится в прямой зависимости от состава внедрившейся или излившейся магмы. Каждая плутоническая магматическая порода имеет вулканический аналог с тем же химическим составом, но при этом может иметь отличный минеральный состав из-за разных условий формирования (табл. 2).

Таблица 2
Классификация магматических пород

Условия образования	Характеристики		Кислые SiO ₂ 78–63 %	Средние SiO ₂ 63–52 %	Основные SiO ₂ 52–45 %	Ультраосновные SiO ₂ 45–30 %
	Структуры	Текстуры	Основной минеральный состав			
			Полевой шпат (преимущественно калиевый), кварц, слюда, роговая обманка	Калиевый полевой шпат, средний плагиоклаз, биотит, роговая обманка	Полевой шпат (основные плагиоклазы), роговая обманка, авгит, оливин	Оливин 40–90%, пи-роксен > 90 %, пи-роксен < 40 % 10–60% < 10 %
Плутонические (интрузивные)	Полнокристаллическая Порфировидная	Плотная Массивная	Гранит, гранит-рапакиви	Сиенит, диорит	Габбро, лабрадорит,	Перидотит Дунит
Вулканические (эффузивные)	Стекловатая Неполнокристаллическая Афанитовая Порфировая	Плотная Флюидальная Миндалекаменная	Риолит, обсидиан, пемза, вулканический туф	Трахит, андезит	Базальт	Пикрит –
Гипабисальные (жильные)	Полнокристаллическая Порфировидная	Плотная массивная	Аплит, пегматит	–	Долерит	–
Преобладающие цвета пород, цветовой индекс			Светлые 3–25 %	Серые 20–50 % (ср. 35 %)	Черные (ср. 50 %)	Темно-зеленые или черные 90–100 %

Химический состав магматических пород представляют в виде процентного содержания главных оксидов в породе: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O . В меньших количествах встречаются MnO , TiO_2 и H_2O . В основу классификации магматических горных пород по химическому составу принято процентное содержание оксида кремния (SiO_2 кремнезема), который содержится во всех магматических породах от 30 до 78 % их массы.

По содержанию кремнезема магматические породы подразделены на 6 отрядов, из которых наиболее распространены:

- ультраосновные породы — содержат 30—45 % SiO_2 ;
- основные породы — 45—52 % SiO_2 ;
- средние породы — 52—63 % SiO_2 ;
- кислые породы — 63—78 % SiO_2 .

В природе наблюдаются постепенные переходы между породами разных отрядов, поэтому принятые в классификации цифры являются достаточно условными.

Породы каждого отряда подразделяются по общей щелочности на низкощелочные, нормальнощелочные, умереннощелочные и щелочных подотряды магматических пород. Критерием для деления на подотряды служит суммарное содержание в горных породах оксидов щелочных металлов $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (сумма щелочей), соотнесенное с содержанием SiO_2 .

Умереннощелочные и щелочные породы, богатые калием и натрием, встречаются редко; преобладают породы нормальной щелочности, с высоким содержанием кальция или магния.

Химический состав пород невозможно точно определить при макроскопической диагностике. Косвенное представление о нем можно получить, зная из каких минералов состоит порода. При диагностике магматических пород следует знать следующие закономерности:

- в кислых породах в обязательном порядке присутствует кварц, с переходом к породам среднего состава его содер-

жание постепенно приближается к нулю, а слюда замещается роговой обманкой;

- в средних породах (в диоритах и сиенитах) из темных минералов преобладает роговая обманка. Различие между диоритом и сиенитом в соотношении полевых шпатов: в диоритах преобладает плагиоклаз, в сиенитах — калиевый полевой шпат;
- в основных породах из темных минералов преобладает пироксен. При приближении к среднему составу наряду с пироксеном встречается роговая обманка, при смещении в сторону ультраосновных пород — оливин;
- в составе ультраосновных пород присутствуют только темные минералы (оливин и пироксен), светлые минералы отсутствуют.

Таким образом, при переходе от кислых к ультраосновным породам постепенно исчезают светлые (салические) породообразующие минералы — кварц, затем полевые шпаты, а содержание темноцветных (мафических) минералов — биотита, роговой обманки, пироксена и оливина — увеличивается. Соотношение светлых и темных минералов в породе называют цветовым индексом. В кислых породах содержится 3—25 % темноцветных минералов, в средних — 20—50 %, в основных более 50 %, в ультраосновных более 90 %.

Вулканические аналоги гранита риолиты имеют светлую окраску, аналоги сиенита трахиты — розоватую или желтоватую, аналоги диорита андезиты — серую, иногда с зеленоватым оттенком, базальты — черную. Если в вулканической породе отчетливо видны отдельные кристаллы (кварца, полевого шпата), то ее можно привязать к определенному плутоническому аналогу, используя наименования «риолит порфировый», «андезит порфировый» и т. д.

3.5. Разновидности магматических горных пород

3.5.1. Породы кислого состава

♦ Гранит (лат. *granit* — зерно), плутоническая (интрузивная) порода

В зависимости от состава темных минералов различают биотитовые, мусковитовые, двуслюдяные и роговообманковые граниты.

Цвет: светло-серый, розовато-серый, красный.

Структурно-текстурные особенности: структура полнокристаллическая от мелко- до крупнозернистой, текстура плотная массивная.

Минералогический состав: кварц 15—45 %, полевые шпаты (преимущественно калиево-натриевые) 40–85 %, цветные минералы (слюды, роговая обманка, реже пироксены) 3—25 %. Кварц в породе виден как бесцветные, дымчатые или черные зерна неправильной формы с жирным блеском. Полевые шпаты определяются по стеклянному блеску на плоскостях спайности и цвету (белому, серому, розовому). Слюды — блестящие чешуйчатые кристаллы серебристого (мусковит) или черного цвета (биотит).

Форма залегания: батолиты, штоки, реже лакколиты. Гранитные массивы разбиты системой вертикальных и горизонтальных трещин, обуславливающих образование плитообразных отдельностей, которые при выветривании становятся матрацевидными.

Применение: облицовочный (хорошо полируется) и бутовый камень, сооружение цоколей, украшений, колонн, каменная кладка, ступени, тротуарные плиты, производство щебня для бетонов, отсыпка дорог и т. д.

♦ Гранит-рапакиви (фин. *rapakivi* — гнилой, грязный камень)

Плутонический аналог гранита по составу, легко разрушается при выветривании.

Структурно-текстурные особенности: неравномернозернистая крупнозернистая (кристаллы до 3–8 см в поперечнике) порфировидная структура, пятнистая текстура, порфировидные выделения представлены калиевым полевым шпатом.

Применение в промышленности строительных материалов: облицовочный и бутовый камень, используется при сооружении памятников, украшений, колонн, хорошо полируется.

♦ Риолит (гр. *reo* — течение, река) — вулканический аналог гранита

Устаревшее название «липарит».

Цвет: основной массы белый, серый или желтовато-белый, часто светло-красноватый.

Структурно-текстурные особенности: текстура пористая, плотная, массивная, часто флюидальная. Структура неполнокристаллическая афировая, порфировая (вкрапленники полевых шпатов — светлые блестящие зерна с ровной поверхностью, реже кварца — серые или черные стекловидные зерна округлой формы). Темные минералы присутствуют в малом количестве (биотит — черные блестящие листочки, реже роговая обманка — черные игольчатые кристаллы).

Форма залегания: лавовые потоки, покровы, вулканические купола, иногда дайки.

Применение: в строительстве, стекольной промышленности.

♦ Обсидиан

Вулканический аналог гранита, застывшее вулканическое стекло, образуется при очень быстром остывании вязких кислых магм, излившихся на поверхность.

Цвет: черный, коричневый, бутылочно-зеленый, серый, красновато-бурый.

Структурно-текстурные особенности: структура стекловатая, текстура массивная, плотная, иногда с пузырьками газа, флюидальная. Излом раковистый, блеск стеклянный.

Форма залегания: потоки или в виде корок сопровождают риолиты.

Применение: наполнитель легких бетонов, добавка к извести, сырье для изготовления темного стекла и термоизоляции, подолочный камень. Лезвия из обсидиана имеют гладкую кромку толщиной всего в несколько нанометров, что позволяет использовать их в качестве скальпелей, хрупкий.

♦ Пемза (лат. *pumex* — пена)

«Вспененное» вулканическое стекло, образовавшееся при быстром затвердении бурно вскипающей богатой газами и парами лавы. Цвет: белый, голубоватый, желтый, бурый и черный.

Структурно-текстурные особенности: структура неполнокристаллическая афировая, текстура пористая, пронизана тончайшими параллельными канальцами.

Особые свойства: легкая порода плавает в воде, плотность 0,8—1,1 г/см³, пористость 60—80 %, твердость 5—6,5, химически инертна, огнестойка.

Форма залегания — встречается в виде корок на потоках, покровах, верхних зон экструзивных куполов.

Применение: в строительном деле для изготовления пемзобетона, в качестве добавки к цементам. Большая пористость (до 80 %) пемзы обуславливает хорошие теплоизоляционные свойства; в качестве абразива в дерево-и металлообрабатывающей промышленности; в химической промышленности (для изготовления фильтров, в качестве инертной основы для различных катализаторов); в нефтяной промышленности (для очистки масел); для получения глазурей.

♦ Вулканический туф

Образуется из твердых продуктов вулканических извержений (пепла, песка, лапиллей, бомб, иногда с примесью обломков горных пород невулканического происхождения) путем осаждения из воздуха на поверхность или в результате переноса водными потоками, впоследствии уплотненных и сцементированных.

Цвет: желтый, оранжевый, фиолетово-розовый, красный, коричневатый, серый и черный.

Структурно-текстурные особенности: текстура пористая, структура неполнокристаллическая афировая.

Форма залегания — покровы средней мощностью 10—15 м.

Особые свойства: плотность 1,22—2,25 г/см³, простой способ добычи и обработки (легко обрабатывается пилой и топором), морозоустойчив.

Применение: облицовочный и стеновой материал, высокие декоративные качества, заполнитель в легких бетонах, для получения архитектурных деталей сложного профиля, изготовления шлакобетонных блоков.

♦ Аплит

Гипабиссальный (жильный) аналог гранита.

Цвет: светло-серый, белый, розовый.

Структурно-текстурные особенности: структура полнокристаллическая мелкозернистая, текстура массивная.

Минералогический состав: светлые минералы — полевые шпаты (калиевые и кислые плагиоклазы) и кварц; биотит не более 5 %.

Форма залегания — жилы мощностью от долей сантиметра до нескольких метров в гранитах и в окружающих их породах.

Применение: сырье для производства щебня, в стекольной промышленности в керамическом производстве, источник получения полевого шпата.

♦ Пегматит (гр. *pegma* — скрепление, связь)

Гипабиссальный (жильный) аналог гранита. Образуется из магмы, обогащенной газами — минерализаторами, делающими магму легкоподвижной и способствующие росту крупных кристаллов. Синонимы: «письменный гранит», «графический пегматит», «еврейский камень».

Цвет: желтоватый, светло-серый, красноватый, розовый.

Структурно-текстурные особенности: структура полнокристаллическая крупнозернистая, гигантозернистая, пегматитовая (закономерное прорастание многочисленных одинаково ориентированных кристаллов кварца сквозь крупные кристаллы полевых шпатов). Текстура плотная, массивная или графическая, поверхность такого пегматита в поперечных разрезах напоминает рукопись с древнееврейскими клинообразными письменами.

Минералогический состав: кварц, полевые шпаты, биотит, мусковит, встречаются минералы редких элементов.

Форма залегания: жилы и гнезда, обычно постепенно переходящие в граниты. Размер жил может достигать нескольких километров в длину при ширине в несколько метров.

Применение: керамическое сырье, с пегматитами связаны месторождения слюды, изумруда, топаза и других драгоценных камней, а также олова, вольфрама и других элементов.

3.5.2. Породы среднего состава

Породы среднего состава подразделяются по общей щелочности на подотряды — умеренной и повышенной щелочности (субщелочные и щелочные породы) и нормальной щелочной. В породах умеренной щелочности (сиенит, трахит) преобладает калиевый полевой шпат по сравнению с плагиоклазом. В нормальной щелочности (диорит и андезит) доминирует плагиоклаз.

♦ Сиенит (гр. *Syene* — Сиена, древнеегипетский г. Сун, современный Асуан).

Плутонические породы умереннощелочного подотряда. Сиенит внешне похож на гранит, отличие состоит в отсутствии зерен кварца и более сильном блеске калиевых полевых шпатов по плоскостям спайности. В зависимости от состава различают рогово-обманковые, биотитовые и нефелиновые сиениты.

Цвет: белый, светло-серый, серо-желтый, розовый, красный.

Структурно-текстурные особенности: структура полнокристаллическая (от мелко- до крупнозернистой) равномернозернистая, иногда порфировидная, текстура плотная массивная.

Минералогический состав: калиевый полевой шпат, плагиоклазы (кислые и средние), темные минералы — роговая обманка, пироксен, биотит (10–20 %). Кварц обычно отсутствует, но в малых количествах до 5 % может содержаться в качестве второстепенного минерала.

Форма залегания: в краевых частях массивов гранитов или габбро, редко — в виде самостоятельных интрузивных тел (небольших лакколитов, штоков).

Применение: облицовочный (хорошо полируется) и бутовый камень, сооружение цоколей, украшений, колонн, каменная кладка, ступени, тротуарные плиты, производство щебня для бетонов, отсыпка дорог. С сиенитами связаны месторождения железа (горы Высокая и Благодать на Урале), меди (район г. Н. Тагил), марганцевых руд, золота и других металлов.

♦ Трахит (гр. *trachys* — шершавый, неровный)

Вулканический аналог сиенита. В свежем изломе породы шероховатые на ощупь за счет мелких кристаллов полевого шпата в основной массе.

Цвет: серый, светло-серый, розоватый, красный.

Структурно-текстурные особенности: структура порфировая. Порфировые выделения представлены стеклянноподобным полевым шпатом, небольшим количеством биотита и роговой обманки. Текстура тонкопористая или плотная массивная. В плотных разностях отсутствует шероховатость, в порах часто наблюдаются мелкие кристаллы вторичных минералов, представленных ортоклазом красноватого или буроватого цвета.

Минералогический состав: полевой шпат, преимущественно калиевый, в небольшом количестве роговая обманка, биотит.

Форма залегания: потоки, покровы, иногда купола.

Применение: в строительстве, стекольной промышленности для получения стекла, кислотоупорный материал, для изготовления жерновов.

♦ Диорит (гр. *diorizio* — разделяю, разграничиваю)
Плутоническая (интрузивная) порода.

Цвет: серый, темно-серый или зеленовато-серый.

Структурно-текстурные особенности: полнокристаллическая мелко-, средне- или крупнозернистая структура. Текстура плотная массивная или пятнистая.

Минералогический состав: светлый плагиоклаз (60—80 %), темноцветные минералы — удлиненные кристаллы роговой обманки до 5—40 %, короткостолбчатые кристаллы пироксе-

на 5—20 %, редко биотит. В качестве второстепенного минерала до 5 % может встречаться кварц.

Форма залегания — штоки и жилы.

Применение: строительный и облицовочный материал, с диоритами связаны месторождения железных руд (магнетита), цветных и благородных металлов.

♦ Андезит (название от горной цепи Анды в Южной Америке)

Вулканический (эффузивный) аналог диорита.

Цвет: светло-серый, серый, реже бурый, коричневый, буровато-зеленый.

Структурно-текстурные особенности: текстура пористая или плотная массивная. В плотных разностях в порах выделяются крупные вкрапленники плагиоклазов (блестящие зерна белого цвета правильных очертаний) и более мелкие вкрапленники роговой обманки, пироксенов, реже биотита. Структура неполнокристаллическая афировая или порфировая.

Минералогический состав: полевой шпат — плагиоклаз натрово-кальциевый (преобладание натрового плагиоклаза), авгит, реже роговая обманка, биотит.

Форма залегания: обширные лавовые поля, потоки, иногда купола, реже встречаются лакколиты и дайки. Отдельность неправильная, иногда плитчатая и столбчатая.

Применение: в качестве щебня для бетона, в дорожном строительстве (щебень, брусчатка), реже как кислотоупорный материал и облицовочный камень, в изготовлении черного фарфора.

3.5.3. Породы основного состава

Основные магматические породы с содержанием кремнезема 45—52 % — самые распространенные магматические породы земной коры. Главные породообразующие минералы: пироксены и основные плагиоклазы, в меньших количествах оливин, роговая обманка и биотит.

К plutonicким породам основного состава относится габбро и лабрадорит, гипабиссальный аналог габбро — долериты, вулканический аналог — базальты.

♦ Габбро (лат. *glaber* — ровный, гладкий и итал. *gabbia* — решетка)

Плутоническая (интрузивная) порода. Разновидности: габбро оливковое, габбро роговообманковое.

Цвет: темно-серый, черный, часто зеленый.

Структурно-текстурные особенности: полнокристаллическая средне-, крупно- и гигантозернистая структура. Текстура плотная массивная, пятнистая, реже полосчатая.

Минералогический состав: белые или зеленовато-серые основные плагиоклазы и черный пироксен, второстепенные минералы — оливин, роговая обманка, биотит, магнетит, титаномагнетит. Иногда встречается уралитизированное габбро с розовым марганецсодержащим плагиоклазом и роговой обманкой, заместившей пироксен.

Форма залегания: лакколиты, лополиты, силлы и штоки.

Применение: строительный и отделочный камень высокой прочности, высококачественный щебень, дорожный камень, полированные плиты, облицовочные материалы и т. д. Габбро может использоваться в качестве сырья для каменного литья и производства минеральной ваты. С интрузиями габбро связаны месторождения титаномагнетитовых и медных руд.

♦ Лабрадорит

Плутоническая разновидность габбро. Легко определяется по яркой иризации в зеленовато-синих тонах.

Цвет: темно-серый, зеленовато-серый, черный.

Структурно-текстурные особенности: структура равномерно кристаллическая, крупнозернистая, текстура массивная.

Минералогический состав: плагиоклаз лабрадор с примесью 5–7% пироксенов и рудных минералов. Поверхности многих зерен ровные, отливающие синим или зеленым цветом на плоскостях спайности.

Особые свойства — высокая вязкость при обработке.

Применение: декоративный материал для облицовки отдельных частей сооружений и памятников.

♦ Базальт (эфиоп. *basal* — железосодержащий камень)
Вулканический (эффузивный) аналог габбро.

Цвет: темно-серый, черный или зеленовато-черный.

Структурно-текстурные особенности: неполнокристаллическая афировая или порфировая структура. Иногда наблюдаются мелкие порфировые вкрапленники основного плагиоклаза, пироксена или оливина. Текстура крупнопористая, плотная массивная, миндалекаменная. Базальт отличается от андезита более крупными порами и более темной (черной) окраской.

Минералогический состав: соответствует габбро.

Форма залегания: мощные и обширные покровы, а также потоки, купола, жилы. Характерна отчетливая столбчатая отдельность, вследствие которой базальт хорошо распадается на шестиугольные столбы.

Применение: строительный камень, сырье для производства минеральной ваты, наполнителя бетона и каменного литья, дорожные и облицовочные камни, щебень и кислотоупорный порошок. Облицовочные декоративные плиты выполняют функцию изоляторов.

♦ Долерит (гр. *doleros* — обманчивый)

Гипабиссальный (жильный) аналог габбро, устаревшее название — диабаз.

Цвет: темно-серый, темно-зеленый, черный.

Структурно-текстурные особенности: полнокристаллическая равномернозернистая мелкозернистая или диабазовая (офитовая) структура, образованная беспорядочно расположенными вытянутыми кристалликами плагиоклаза, промежутки между которыми заполнены авгитом; реже встречаются долериты с неполно кристаллической порфировидной структурой. Текстура массивная, пятнистая, полосчатая.

Минералогический состав: полевой шпат (преимущественно лабрадор), авгит, реже оливин.

Форма залегания — дайки, силлы.

Применение: в строительстве, сырье для каменного литья. С долеритами связаны месторождения самородной меди и сульфидные руды.

3.5.4. Породы ультраосновного состава

Ультраосновные породы полностью состоят темных минералов, светлые минералы отсутствуют. Содержание кремнезема (менее 45 %), исключение могут составлять пироксениты, состоящие в основном из пироксена, и горнблендиты, которые по содержанию кремнезема могут относиться к породам основного состава. Ультраосновные породы — плутонические полнокристаллические породы, вулканические аналоги встречаются очень редко.

- ♦ Дунит (название по горе Дун в Новой Зеландии)

Плутоническая (интрузивная) порода.

Цвет: оливково-зеленый, темно-зеленый, черный, на свежем сколе смоляной блеск.

Структурно-текстурные особенности: текстура плотная массивная, структура полнокристаллическая мелкозернистая.

Минералогический состав: мелкие зерна оливина 85–100 %, второстепенные минералы — пироксены, хромит или титаномагнетит до 15 %.

Форма залегания: глубокие зоны лакколитов, небольшие интрузивные тела.

Особые свойства: в зоне выветривания дуниты с поверхности имеют бурую корочку.

Применение: маложелезистые чисто оливиновые породы — сырье для изготовления огнеупорных форстеритовых кирпичей. В дунитах встречаются залежи хромитовых руд и платины (Кытымское месторождение). При серпентинизации дунитов возникают месторождения асбеста. К коре выветривания дунитов приурочены месторождения никеля.

Вулканических аналогов дунита нет.

♦ Перидотит (фр. *peridot* — оливин). plutоническая (интрузивная) порода

Перидотиты — самые распространенные в природе ультраосновные породы (главная составляющая часть верхней мантии).

Цвет — темно-серый, черный.

Структурно-текстурные особенности: текстура плотная массивная, структура полнокристаллическая от мелко- до крупнозернистой равномернозернистая, иногда неравномернозернистая порфировидная.

Минералогический состав: крупные изометричные кристаллы пироксена (10–60 %) и мелкие зерна оливина (40–90 %). Иногда пироксен в перидотитах замещен роговой обманкой.

Форма залегания: дайки, лополиты, штоки, глубинные перидотиты в виде ксенолитов в кимберлитовых трубках.

Особые свойства: неустойчив к выветриванию.

Применение: с перидотитами связаны месторождения хромитовых и титаномагнетитовых руд, металлов платиновой группы. При вторичных изменениях перидотитов — месторождения асбеста и никеля.

Вулканическими аналогами перидотитов являются пикриты.

♦ Пироксенит — plutоническая (интрузивная) порода

Цвет: серый с желтым и зеленым оттенками, зеленовато-черный, черный.

Структурно-текстурные особенности: текстура плотная, массивная, структура полнокристаллическая крупно- и среднезернистая.

Минералогический состав: изометричные кристаллы пироксена (более 60 %), оливин (до 40 %), другие цветные и рудные минералы (до 10 %). Химический состав пироксенитов характеризуется высоким содержанием кремнезема SiO_2 (45—52 %), соответствующим основным породам.

Форма залегания: обычно не образует самостоятельных интрузивных тел, встречается вместе с дунитами, перидотитами, габбро.

Особые свойства: высокая вязкость, плохо поддается обработке, в зоне выветривания серпентинизируются и переходят в змеевик.

Применение: с пироксенитами связаны крупные месторождения руд платиновых металлов, хромитовые, титаномагнетитовые, ванадиеносные руды, сульфидные медно-никелевые и никелевые залежи, а также месторождения асбеста.

Вулканическими аналогами пироксенитов являются бониниты — подводные лавы.

♦ Горнблендит (нем. *Horn* — рог и *Blende* — обманка) Плутоническая (интрузивная) порода.

Цвет: темно-зеленый, черный.

Структурно-текстурные особенности: текстура плотная массивная, структура полнокристаллическая средне-, крупно- и гигантозернистая.

Минералогический состав: удлиненные кристаллы роговой обманки черного цвета (90—100%), пироксен (до 10%) и оливин (5–10%).

Форма залегания: обычно не образуют самостоятельных интрузивных тел, встречаются вместе с пироксенитами, габбро.

Особые свойства: обладая высокой вязкостью, с трудом поддаются обработке. В коре выветривания умеренно устойчив, при разрушении переходит в хлорит, лимонит, глинистые минералы.

Применение: щебень в качестве крупного заполнителя в обычные и дорожные бетоны, для получения асфальтобетонных и битумоминеральных смесей, для устройства оснований автодорог, для каменного литья и для производства минеральной ваты.

Все магматические породы согласно ГОСТ 25100–2011 относятся к скальным грунтам. Основные показатели физико-механических свойств магматических горных пород: плотность, временное сопротивление одноосному сжатию, деформационные характеристики. Физико-механические свойства массивов магматических горных пород как оснований для наземных и среды для подземных сооружений зависят от степени выветрелости и степени трещиноватости пород в массиве.

3.6. Задания к выполнению лабораторной работы

Цель работы: получение знаний студентами об основных типах магматических горных пород, их минеральном составе, о структурно-текстурных особенностях, приобретение навыков диагностирования магматических пород по критерию фации глубинности и по содержанию кремнезема.

Оборудование: эталонные и рабочие коллекции магматических (плутонических и вулканических) горных пород, минералогическая лупа, шкала Мооса.

Выполнение лабораторной работы рассчитано на 4 часа. В течение работы преподаватель последовательно согласно классификации рассматривает все образцы магматических горных пород в эталонных коллекциях, а студенты фиксируют их свойства в следующей последовательности: строение, (структура и текстура), минералогический состав, окраска, плотность и записывают в таблицу.

Основные диагностические признаки магматических горных пород

Название	Условия образования	Структура	Текстура	Минеральный состав	Особые свойства
Породы кислого состава 63—78 % SiO_2					
Породы среднего состава 52–63 % SiO_2					
Породы основного состава 45–52 % SiO_2					
Породы ультраосновного состава 30—45 % SiO_2					

Далее преподаватель совместно со студентами производит диагностику нескольких образцов горных пород из рабочей коллекции.

Самостоятельная работа студентов состоит из определения трех образцов из рабочей коллекции магматических горных пород. Результаты описания заносятся в таблицу прил. 2, наименование породы устанавливается.

Последовательность описания plutonic и гипабиссальных пород:

- цвет;
- структура породы (по степени кристаллизации, по абсолютному и относительному размеру зерен);
- текстура породы по степени заполнения пространства: плотные компактные (зерна минералов в породе тесно прилегают друг к другу) и пористые некомпактные (в породе можно различить наличие пустот, каверн, мелких пор);
- минералогический состав. При диагностике магматических пород следует знать следующие закономерности:

1) в кислых породах в обязательном порядке присутствует кварц, с переходом к породам среднего состава его содержание постепенно приближается к нулю, а слюда замещается роговой обманкой;

2) в средних породах (в диоритах и сиенитах) из темных минералов преобладает роговая обманка. Различие между диоритом и сиенитом — в соотношении полевых шпатов: в диоритах преобладает плагиоклаз, в сиенитах — калиевый полевой шпат;

3) в основных породах из темных минералов преобладает пироксен. При приближении к среднему составу по содержанию SiO_2 в породе наряду с пироксеном встречается роговая обманка, при уменьшении содержания SiO_2 в породе чаще встречается оливин;

4) в составе ультраосновных пород присутствуют только темные минералы (оливин и пироксен), светлые минералы отсутствуют.

Таким образом, при переходе от кислых к ультраосновным породам постепенно исчезают светлые (*салические*) пороодообра-

зующие минералы — кварц, затем полевые шпаты, а содержание темноцветных (*мафических*) минералов — биотита, роговой обманки, пироксена и оливина — увеличивается. Соотношение светлых и темных минералов в породе называют *цветовым индексом*. В кислых породах содержится 3—25 % темноцветных минералов, в средних — 20—50 %, в основных более 50 %, в ультраосновных более 90 %;

- характеристика основных минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, блеск);
- класс по условиям формирования (генезис);
- название породы;
- сверка результата определения породы с описанием магматических горных пород в подгл. 3.5;
- проверка у преподавателем правильности результата.

Последовательность описания вулканических пород:

- цвет;
- структура породы (по степени кристаллизации и относительному размеру зерен); характерны неполнокристаллические структуры с отдельными различимыми кристаллами на фоне основной матовой части породы без видимых зерен или без вкрапленников, а также стекловатая структура;
- текстура породы (неполнокристаллическая порфировая, афировая, флюидальная);
- процентное соотношение основной матовой части породы без видимых зерен массы и вкрапленников, их описание;
- установление отряда по содержанию SiO_2 . Разновидности вулканических пород по минеральному составу определить невозможно, поэтому достаточно определить по цвету химический состав.

Вулканические аналоги гранита риолиты имеют светлую окраску, аналоги сиенита трахиты — розоватую или желтоватую, аналоги диорита андезиты — серую, иногда с зеленоватым оттенком, базальты — черную. Если в вулканической породе отчетливо вид-

ны отдельные кристаллы (кварца, полевого шпата), то ее можно привязать к определенному плутоническому аналогу, используя наименования «риолит порфировый», «андезит порфировый» и т.д.;

- класс по генезису;
- название породы;
- сверка результата определения породы с описанием магматических горных пород в подгл. 3.5;
- проверка преподавателем правильности результата.

Глава № 4. Диагностика осадочных горных пород по образцам

4.1. Общие сведения об осадочных горных породах

Осадочные горные породы представляют собой скопления минерального или органического вещества, которые образуются в результате экзогенных процессов в пределах земной поверхности — на дне водоемов или на поверхности суши. Составляя всего 5 % объема земной коры, они покрывают около 75 % поверхности Земли, поэтому большинство строительных работ связано с осадочными горными породами.

Осадочные породы содержат около 90 % всех полезных ископаемых (каменный уголь, нефть, газ, каменная соль, бокситы, мел и т. д.), используются как строительные материалы, сырье для керамической, стекольной, металлургической промышленности и т. д.

Образование осадочных пород (**литогенез**) представляет собой совокупность ряда последовательных стадий:

- формирование осадка (физическое разрушение, дробление любых горных пород и последующее химическое разложение, биохимическое осаждение минералов);
- перенос осадочного материала преимущественно временными водотоками и речными потоками, под действием гравитационных сил, а также ветром, ледниками, морским при-

- боем и морскими течениями. Продукты выветривания при этом продолжают измельчаться, истираться, сортироваться;
- накопление, или седиментация, рыхлых осадков происходит большей частью в водных бассейнах (озерах, морях) — субаквальные осадки, представленные органическими, химическими и обломочными отложениями. Незначительная часть осадков формируется на суше, их называют субаэральными. Субаэральные отложения формируются из обломочных и химических осадков и отличаются от субаквальных минеральным составом, формой, слагающих осадок частиц, слоистостью;
 - диагенез — преобразование осадка в осадочную горную породу, включающее в себя процессы разложения захороненного органического вещества, растворение неустойчивых и образование новых минералов, образование конкреций, уплотнения осадка, его цементацию и дегидратацию (удаление воды) вследствие постепенного погружения на большие глубины, увеличения лито- и гидростатической нагрузки, а также повышения температур за счет геотермического градиента. Например, вследствие диагенеза песок превращается в песчаник, глина — в аргиллит, дресва и щебень — в брекчию.

Цементом в осадочных породах может служить тонкозернистый или аморфный материал, скрепляющий отдельные более крупные зерна. Природный цемент может образовываться одновременно с осадочной породой, а также в результате циркуляции различных растворов через уже сформированную породу.

4.2. Классификация осадочных горных пород

Осадочные породы принято подразделять на три основных класса: обломочные (терригенные), химического происхождения (хемогенные) и органогенные. Многие породы имеют смешанное

происхождение, примером могут служить мергели, известковистые песчаники и т. д.

К осадочным горным породам также относят пирокластические породы (продукты извержения вулканов — пепел и песок), осевшие на поверхности земли и со временем преобразовавшиеся в туфы и туфобрекчии.

Классификация обломочных (терригенных) пород основана на различии пород по крупности зерен, по степени окатанности и сцементированности, табл. 3.

Таблица 3

Классификация терригенных осадочных пород

Терригенные породы	Размеры частиц, мм	Рыхлые породы (несцементированные)		Сцементированные породы	
		окатанные	угловатые	окатанные	угловатые
Крупнообломочные (псефиты)	>200 (>50 %) >10 (>50 %) >2 (>50 %)	Валуны Галечник Гравий	Глыбы Щебень Дресва	Конгломерат Гравелит	Брекчия
Песчаные (псаммиты)	>2 (>25 %) >0,5 (>50 %) >0,25 (>50 %) >0,1 (≥75 %) >0,1 (<75 %)	Песок гравелистый Песок крупный Песок средний Песок мелкий Песок пылеватый		Песчаники	
Пылеватые (алевриты)	0,05–0,002 (>50 %)	Пыль (алевриты), лесс		Алевролиты	
Глинистые (пелиты)	<0,002 (>3 %)	Глины, суглинки, супеси		Аргиллиты, глинистые сланцы	

Хемогенные породы образуются при химическом разрушении и растворении минералов материнских пород с последующим выпадением новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Определяющим признаком при классификации хемогенных пород является химический состав:

галоиды: галит — NaCl ;

сильвинит — KCl ;

сульфаты: гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

ангидрит — CaSO_4 ;

карбонаты: известняк плотный, оолитовый — CaCO_3 ;

известковый туф — CaCO_3 ;

доломит — $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Органогенные образования представляют собой остатки животных и растений и продукты их жизнедеятельности. Организмы обладают способностью концентрировать определенные вещества, образуя скелеты или ткани, которые сохраняются в ископаемом состоянии: CaCO_3 (известняки, мел), $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (опоки, трепелы) и каустобиолиты — отложения, обладающие горючими свойствами (уголь, торф).

Органогенные осадочные породы включают в себя:

карбонатные — известняк-ракушечник, известняк битуминозный, мел — CaCO_3 ;

кремнистые — трепел, опока, диатомит — $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$;

углеродистые — торф, уголь, нефть, сапропель — органические соединения углерода.

4.3. Текстуры и структуры осадочных пород

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков.

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев

различного вещественного состава пород, изменением размеров обломочных частиц или ориентировкой осадочного материала.

Массивные (беспорядочные) текстуры характерны для однородных зернистых хемогенных и органогенных пород.

Рыхлые текстуры свойственны осадочным несцементированным породам.

При характеристике текстур следует обращать внимание на характер цементации: количественное соотношение зерен и цемента и их относительное взаиморасположение в породе.

Структуры осадочных пород отражают их происхождение.

Для обломочных пород выделяются структуры в зависимости от величины и степени окатанности обломков: галечная (окатанные обломки размером 10–200 мм), щебеночная (угловатые обломки размером 10–200 мм), гравийная (окатанные обломки размером 2–10 мм), дресвяная (угловатые обломки размером 2–10 мм), псаммитовая, алевритовая, пелитовая (см. табл. 3).

Кристаллически-зернистая структура характерна для хемогенных пород (известняк, доломит, гипс). В зависимости от размера зерен, слагающих породу, выделяют: крупнозернистую (преобладают зерна более 0,5 мм), среднезернистую (0,5–1 мм), мелкозернистую (0,1–0,05 мм), тонкозернистую (0,05–0,01 мм) и микрозернистую (преобладают зерна менее 0,01 мм).

Оолитовая структура представляет собой скопление мелких шаровидных стяжений различного размера (оолитовые известняки, бокситы).

Для органогенных пород, в составе которых более 20–30% объема породы занимают остатки организмов, структура породы определяется в зависимости от степени сохранности и количества этих остатков:

- биоморфная структура — хорошая сохранность остатков скелетных организмов;
- детритовая структура — порода полностью состоит из скелетных обломков, размером более 0,1 мм;
- биогенно-шламовая структура — обломки менее 0,1 мм.

Цвет осадочных пород зависит от окраски минералов или обломков минералов, слагающих породу и окраски природных цементов. Белый и серый цвет имеют породы, состоящие из основных осадочных минералов (каолинит, кальцит, кварц). Темно-серый и черный цвета свидетельствуют о наличии в породе органического вещества, солей марганца. Розовый и красный цвета придает породе примесь оксидов железа, зеленый цвет — примесь глауконита, хлорита.

При описании осадочных крупнообломочных и песчаных сцементированных пород очень важно определить тип природного цемента. От типа цемента и плотности цементации зависит прочность и твердость пород. Самыми прочными из природных цементов является кремнистый и железистый цемент. Меньшей прочностью обладают известковый, гипсовый цементы, минимально связывает породу глинистый цемент. Тип природного цемента можно определить по следующим признакам:

- глинистый цемент при увлажнении издает землистый запах, сравнительно легко размокает в воде;
- известковый цемент реагирует с раствором соляной кислоты;
- гипсовый цемент царапается ногтем;
- железистый цемент чаще темно-бурого или темно-серого цвета;
- кремнистый цемент очень крепкий, как бы сплавляет породу, царапает стекло;
- битумы придают породе черную или темно-бурую окраску.

4.4. Основные разновидности осадочных пород

4.4.1. Терригенные (обломочные) породы

Крупнообломочные породы (псефиты)

♦ Галька (галечник) и гравий

Крупнообломочные несцементированные осадочные породы, состоящие из окатанных обломков размером соответственно

10—200 мм и 2—10 мм в поперечнике, составляющие более 50 % по массе. Может присутствовать песчаный или глинистый заполнитель. Минеральный состав, цвет и свойства зависят от исходной породы и заполнителя.

Условия образования: при переносе обломков пород на значительные расстояния горными потоками, реками, морским прибоем и береговыми течениями. Для морской гальки характерна уплощенная форма, а речной — яйцевидная. Гравий подразделяется на речной, озерный, морской и ледниковый. Степень окатанности разнообразна.

Структурно-текстурные особенности: текстура рыхлая, структура галечная и гравийная.

Минеральный состав: различают однородные галечник и гравий, образовавшиеся от одной породы или минерала (гранитные галечники и гравий, известковые, кварцевые и др.), и неоднородные (полимиктовые), образовавшиеся из различных пород и минералов.

Форма залегания: слои, часто неправильно, косо наложенные; линзы.

Особые свойства: плотность гравия $1,70 \text{ г/см}^3$, галечника $1,70\text{--}1,90 \text{ г/см}^3$, сильноводопроницаемые горные породы (коэффициент фильтрации $k_f = 3\text{...}30 \text{ м/сут}$). Физико-механические свойства зависят от исходной породы и заполнителя. Согласно ГОСТ 25100–2011 — дисперсный несвязный грунт.

Применение: строительный материал, для приготовления бетона, в дорожном строительстве и при устройстве фильтров в гидротехнических сооружениях.

♦ Щебень и дресва

Крупнообломочные нецементированные осадочные породы, состоящие из неокатанных (угловатых) обломков размером соответственно 10—200 мм и 2—10 мм в поперечнике, составляющие более 50 % по массе. Может присутствовать песчаный или глинистый заполнитель.

Условия образования: элювиальный щебень — несмещенные продукты выветривания горных пород, делювиальный щебень — продукты выветривания, перемещенные водными потоками и на-

капливающиеся на склонах и у подножия возвышенностей и гор. Дресва образуется в результате физического разрушения любых горных пород.

Структурно-текстурные особенности: текстура рыхлая, структура щебенистая и дресвяная.

Минеральный состав — в зависимости от исходных пород.

Форма залегания: элювиальные дресва и щебень в виде мало-мощной коры выветривания находятся на месте своего образования. Делювиальный щебень залегает на склонах и у подножий возвышенностей и гор.

Особые свойства: плотность щебня $1,75 \text{ г/см}^3$, дресвы $1,80 \text{ г/см}^3$, сильноводопроницаемые горные породы (коэффициент фильтрации $k_f = 3 \dots 30 \text{ м/сут}$). Физико-механические свойства зависят от исходной породы и заполнителя. Согласно ГОСТ 25100–2011 — дисперсный несвязный грунт.

Применение: для бетонных и дорожных работ.

♦ Конгломерат (лат. *conglomeratus* — уплотненный), гравелит
Крупнообломочные сцементированные породы, содержащие окатанные обломки, размером более 10 мм и более 2 мм соответственно.

Цвет — пестрый, бурый.

Условия образования: в мелководье, вдоль берегов рек, морей в результате цементирования обломочных окатанных пород (галечников, гравия).

Структурно-текстурные особенности: структура псефитовая (обломочная), текстура конгломератовая.

Минеральный состав зависит от состава исходной породы, различают: кварцевые, железистые, известковые, кремниевые и полимиктовые (с разнообразным минеральным составом) конгломераты. Состав цемента может быть различным: известковый, кремнистый, железистый и глинистый цементы.

Форма залегания: слои в равнинных областях, толщи в горных районах и часто встречается лишь небольшими прослойками в отложениях различных геологических систем.

Применение: плотно сцементированные, сложенные цветными гальками конгломераты — красивый облицовочный материал. Сцементированные грубообломочные породы при наличии прочного цемента являются хорошими основаниями. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

♦ Брекчия

Сцементированная крупнообломочная (щебенистая) порода с преобладанием угловатых обломков пород, имеющих размер более 10 мм в поперечнике, скрепленных между собой природным цементом.

Цвет — серый, бурый.

Условия образования: накопление продуктов разрушения (обломков) горных пород у подножия склонов при тектонических и оползневых процессах, сцементированных разными химическими соединениями (известь и пр.) и глинистыми частицами.

Структурно-текстурные особенности: структура псефитовая (обломочная), текстура беспорядочная, «брекчиевая».

Минеральный состав: обломки одного или нескольких типов пород; состав цемента: известковый, кремнистый, железистый, глинистый. Брекчии обладают однообразным составом обломков и цементирующего материала.

Форма залегания — слои.

Применение: строительный камень, облицовочный материал. При наличии прочного цемента являются хорошими основаниями. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Песчаные породы, псаммиты (гр. psammites — песчаный)

♦ Песок

Рыхлая среднеобломочная порода (более 50 % массы обломки размером 0,05–2 мм и числом пластичности $I_p < 1$ %), состоящая из окатанных или остроугольных зерен различных минералов и пород.

Цвет: желтый, зеленый, бурый, оранжевый, иногда черный (в зависимости от минерального состава).

Условия образования: в результате переноса и отложения частиц разрушенных горных пород текучими водами, ветром, а так-

же накапливаются в прибрежных частях морей (речные, озерные, морские, ледниковые и дюнные).

Структурно-текстурные особенности: текстура рыхлая, структура псаммитовая. По размеру зерен выделяют гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие и пылеватые разновидности. По относительной величине зерен — однородные и неоднородные пески.

Минеральный состав: наиболее распространены кварцевые (до 95 % кварца) пески, аркозовые (кварц и полевой шпат), глауконитовые пески (кварц 20–40 %, глауконит 60–80 %), железистые, полиминеральные.

Форма залегания: слои, линзы, конусы выноса, дюны, барханы.

Особые свойства: плотность 1,6–1,7 г/см³, пористость 30–40 %. По коэффициенту пористости пески подразделяются на рыхлые, средней плотности и плотные. Водопроницаемые горные породы (коэффициент фильтрации $k_f = 0,3 \dots 3$ м/сут). Мелкие и пылеватые водонасыщенные пески имеют тенденцию к образованию плывунов. Плотные пески — надежные основания. Согласно ГОСТ 25100–2011 — дисперсный несвязный грунт.

Применение: фильтры в водопроводных установках, составляющая для производства бетона (пески без глины и без органических примесей), в литейном производстве (формовочные пески), изготовление фаянса и фарфора (при содержании Fe_2O_3 не более 0,05 %), производство стекла.

♦ Песчаник

Сцементированная среднеобломочная порода (более 50 % массы обломки размером 0,05—2 мм), состоящая из окатанных или остроугольных зерен различных минералов и пород, скрепленных между собой природным цементом.

Цвет — различный.

Условия образования — цементация песков.

Структурно-текстурные особенности: структура псаммитовая, различают в зависимости от размера зерен от крупно- до тонкозернистой, по относительной величине зерен равномерно- и раз-

нозернистые песчаники. Текстуры пористые, массивные, слоистые.

Минеральный состав: кварцевых песчаников — до 95 % кварца, аркозовых — кварц и полевой шпат, глауконитовых — кварц 20–40 % и глауконит 60–80 %. Встречаются железистые, полиминеральные песчаники. Цементирующие вещества: кальцит, гипс, глина, кварц, халцедон, опал, водные оксиды железа, битумы.

Форма залегания — пласты и линзы.

Особые свойства: прочностные свойства меняются в широких пределах и зависят от пористости, влажности, цементирующего вещества, от строения и величины зерен. Примеси пирита, лимонита, глинистых и углистых прослоек ухудшают строительные свойства песчаников.

Применение: кремнистые песчаники — высококачественный строительный материал, являются вмещающими породами для нефти и горючих газов. Богатые кремнекислотой (не менее 97 %) разновидности песчаников используются в качестве ценного диатомового сырья. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Пылеватые породы (алевриты)

◆ Лёсс

Землистая порода, состоящая из пылеватых (более 50 %) и глинистых (до 30 %) частиц, обычно слабосцементированная.

Цвет — желтовато-белый или палево-желтый.

Условия образования: существуют теории эолового, почвенного и комплексного (эоловые, делювиальные и почвенно-элювиальные процессы в засушливом климате) происхождения лёсса.

Структурно-текстурные особенности: структура алевритовая, текстура пористая (вертикальные макропоры). В лёссе много тонких вертикальных трубочек со следами корней растений; часто включены мелкие округлые известковые образования (конкреции).

Минеральный состав: кварц, полевой шпат с примесью глинистых частиц и карбонатов. Под действием соляной кислоты лёсс «вскипает».

Форма залегания — покровы.

Особые свойства: плотность 1,6—1,8 г/см³, отличается большим сцеплением частиц и может образовывать отвесные многометровые обрывы. Легкая, пористая порода, при растирании превращается в порошок, легко размывается водой, слабопроницаемый грунт (коэффициент фильтрации — 0,005—0,3 м/сут). Согласно ГОСТ 25100–2011 — дисперсный связный грунт, обладающий просадочными свойствами.

Применение — изготовление кирпича.

♦ Алевролит (гр. *aleuron* — мука и *lithos* — камень)

Сцементированная порода, состоящая из пылеватых частиц, размером 0,05—0,002 мм более 50 % по массе.

Цвет: различный, определяется преимущественно окраской цементирующего материала (глинистыми минералами).

Условия образования — в результате литификации (диагенеза) лёссов, суглинков и супесей.

Структурно-текстурные особенности: алевроитовая структура, текстура тонкослоистая с горизонтальной и косой слоистостью.

Минеральный состав: кварц, полевошпат с примесью глинистых частиц.

Форма залегания: слои, пласты большой мощности.

Особые свойства: шероховатость пород в изломе, при увлажнении можно почувствовать запах глины. Быстро выветривается в выемках и котлованах до щебня и дресвы, супесей и суглинков.

Применение: сырье для производства цемента (глинистый компонент) и керамзита. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Глинистые породы (пелиты)

К глинистым породам относятся супесь, суглинок и глина. Суглинки и супеси — переходные породы к алевролитам и пескам. Супеси содержат 3–10 % глинистых частиц размером менее 0,002 мм, суглинки — 10–30 %, глины — более 30 %. Внешние отличительные признаки дисперсных глинистых пород:

- супеси — после растирания пробы на ладони заметно преобладают песчаные частицы, во влажном состоянии скатываются в толстые короткие шнуры на ладони или не скатываются в шнур;
- суглинки — при растирании пробы на ладони чувствуется присутствие некоторого количества песка, но преобладает тонкодисперсная масса, во влажном состоянии скатываются в недлинный шнур диаметром 1–2 мм, шарики при сплющивании трескаются по краям;
- глины — при растирании пробы на ладони втираются в кожу, при разрезании ножом дают блестящую поверхность, во влажном состоянии скатываются в длинный шнур диаметром до 0,5 мм, при сплющивании шарика не трескаются по краям.

Для глинистых пород указывается консистенция, состояние породы в зависимости от влажности. Твердая порода при ударе разбивается на куски, при сжатии в ладони рассыпается; пластичная — грунт хорошо формируется и сохраняет приданную форму, при сжатии на ладони ощущается влажность, иногда может быть липкой; текучая — грунт легко деформируется от незначительного нажима, не сохраняет приданную форму, растекается.

К глинистым породам относятся илы, имеющие глинистый гранулометрический состав, но обладающие большей пористостью и влажностью, сильно сжимаемы. Ил представляет собой начальную стадию формирования глины из осадка.

Глины — тонкодисперсные породы с содержанием глинистых частиц размером менее 0,002 мм более 30 % и числом пластичности $I_p \geq 17$.

Цвет: зависит от состава глинистых минералов, входящих в породу, а также от примесей (каолинитовые — глины белые или светло-серые, монтмориллонитовые (бентониты) — светло-серые с желтоватым или зеленоватым оттенком, гидрослюдистые — белые, зеленые, иногда пестрые).

Условия образования: продукты химического выветривания минералов (полевых шпатов) в поверхностных условиях; в результате перемещения и переотложения первичных глин.

Структурно-текстурные особенности: структура пелитовая, текстура землистая, рыхлая или плотная.

Минеральный состав: каолинит, монтмориллонит, гидрослюды с примесью частиц кварца, полевых шпатов, окислов железа и других минералов.

Форма залегания: пласты, залежи значительной мощности (десятки, иногда и сотни метров) и линзы.

Особые свойства: в сухом состоянии твердые и представляют плотную растирающуюся в порошок породу, при насыщении водой глины резко меняют свои механические свойства. Они становятся текучими, теряют несущую способность. При определенной влажности проявляют пластичность и липкость, набухают при увлажнении и дают усадку при высыхании. Поэтому при проектировании сооружений на глинах очень важно знать их генезис, плотность, влажность, пластичность, пористость, прочностные и деформационные свойства. Глины отличаются большим водопоглощением, капиллярным поднятием и водонепроницаемостью. Они способствуют развитию оползней при соответствующих достаточно крутых склонах; служат верхним водоупором и обеспечивают развитие артезианских (напорных) вод. Под действием внешней нагрузки неуплотненные разновидности глин сильно сжимаются, но это сжатие происходит очень медленно и может продолжаться сотни лет. Тяжелые здания, возводимые на таких глинах, могут давать значительные и часто неравномерные осадки. Плотность 1,8—2,15 г/см³. Водонепроницаемый грунт (коэффициент фильтрации $k_{\phi} < 0,005$ м/сутки). Согласно ГОСТ 25100–2011 дисперсный связный грунт.

Применение: чистые каолиновые глины — основное сырье для изготовления технических и бытовых марок фарфора, жирные глины (бедные кварцем с хорошей способностью к набуханию)

используются для гидроизоляции прудов, дамб, водохранилищ, тощие глины — для кирпичного, черепичного и гончарного производства. Глауконитовые глины — сырье для получения зеленой минеральной краски, железистые глины — красной краски, умбры, сиены, охры.

♦ Аргиллиты (гр. *argillos* — глина и *lithos* — камень)

Сцементированная тонкообломочная порода с преобладающим размером частиц менее 0,002 мм. Отличительные признаки: при увлажнении дыханием издает запах глины, неровный излом и отсутствие сланцеватости (отличие от глинистых сланцев).

Цвет: серый, темно-серый, черный, реже коричневый, зеленоватый.

Условия образования: уплотненные в процессе диагенеза глинистые породы (супеси, суглинки, глины).

Структурно-текстурные особенности: структура пелитовая однородная, текстура плотная, тонкослоистая.

Минеральный состав: глинистые минералы с примесью частиц кварца, слюды, полевых шпатов и слюд.

Форма залегания: слои, пласты большой мощности.

Особые свойства: медленно размокают в воде, не приобретают пластичности, быстро выветриваются в выемках, котлованах. Обладают землистым или раковистым изломом, плотность 2,0–2,2 г/см³. Являются хорошими основаниями. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: в гражданском строительстве в качестве грунта для подсыпок и насыпей; в производстве строительной керамики, огнеупорных материалов и цемента.

♦ Глинистые сланцы

Сцементированные плотные тонкообломочные, тонкослоистые (слоистая разновидность аргиллита) осадочные горные породы. Разновидности: кровельные сланцы темно-серого цвета, обладающие тонкоплитчатой отдельностью; аспидные сланцы черного цвета с угольным веществом; битуминозные и горючие сланцы — черного и темно-серого цвета листовые породы, богатые битумами.

Цвет: темно-серый, черный, реже красноватый или зеленоватый.

Условия образования: постепенное, но прерывистое наслоение частиц при оседании в водных бассейнах, при последующем уплотнении под влиянием нагрузки, по мере накопления новых отложений, дегидратации и цементации.

Структурно-текстурные особенности: структура пелитовая, текстура слоистая (сланцеватая). У ненарушенных глинистых сланцев отдельность совпадает с плоскостями наслоения, при тектонических нарушениях, в зависимости от интенсивности смятия, появляется плитчатая, листовая, остроугольно-щебенчатая отдельности.

Минеральный состав: глинистые минералы, чешуйки мусковита, хлорита, мельчайшие зернышки кварца с примесью углистых частиц и гидроокиси железа.

Форма залегания: пласты большой мощности.

Особые свойства: при увлажнении — глинистый запах (запах печки), не размокают. При проектировании необходимо учитывать направление сланцеватости в массиве, способствующее соскальзыванию и оползанию в природных склонах и на откосах искусственных выемок. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: материал для изготовления ступеней лестниц, плитусов, половой плитки, подоконников, панелей; в строительной промышленности как кровельный материал, в измельченном и обожженном виде — в качестве наполнителя отдельных сортов бетона, в производстве стенных блоков и бронированного рубероида.

4.4.2. Хомогенные породы

Карбонаты

Известняки хомогенного генезиса образуются в результате выпадения в осадок CaCO_3 из водных растворов. Выделяют микро- и тонкозернистые плотные известняки, оолитовые известняки; известковые туфы (травертины).

♦ Плотные известняки

Типичные осадочные хомогенные микрoзернистые и пелитоморфные известняки, состоят из мельчайших зерен кальцита.

Цвет: белый, серый.

Условия образования: при выпадении кальцита в осадок в водной среде.

Структурно-текстурные особенности: скрытокристаллическая структура, текстура массивная, плотная, иногда слоистая.

Минеральный состав — кальцит с небольшими примесями глины и песка.

Форма залегания — в виде пластов и конкреций.

Особые свойства: раковистый излом, твердость 3, хорошо полируются, бурно реагируют с соляной кислотой, медленно растворяются в воде, образуя карстовые полости. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: главный компонент в производстве извести и цемента, материал для изготовления облицовочных плит, стеновых блоков, скульптурных изделий, щебня для производства бетона и асфальтобетона, железнодорожного балласта, оснований и покрытий автодорог, фильтров гидросооружений, бутовый камень для фундаментов. В металлургии известняк служит флюсом, в химической и пищевой промышленности — вспомогательный материал в производстве соды, карбида кальция, минеральных удобрений, стекла, сахара, бумаги.

♦ Оолитовые известняки (икряный камень)

Состоят из мелких шаровидных стяжений кальцита.

Условия образования: постепенное осаждение кальцита вокруг микроскопически малого размера твердых частиц в зоне усиленного движения воды (в прибрежной части моря).

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная или пористая, структура оолитовая.

Форма залегания — пласты.

Особые свойства: твердость 3, бурно реагируют с соляной кис-

лотой, медленно растворяются в воде, образуя карстовые полости. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение — плотные разновидности как строительный камень.

♦ Известковый туф

Осадочная ноздреватая порода, состоящая из кальцита.

Условия образования — отложение кальцита в местах выхода подземных известково-карбонатных вод на поверхность.

Структурно-текстурные особенности: структура скрытокристаллическая, текстура пористая, ноздреватая.

Форма залегания — большие скопления неправильной формы по склонам речных долин в местах выхода подземных вод.

Особые свойства: свежий известковый туф мягок, но после высыхания твердеет, твердость 3, бурно реагирует с соляной кислотой, медленно растворяется в воде. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: строительный камень, в цементном и известковом производстве, благодаря чистоте своего состава ценится как высокосортное сырье и декоративный материал.

♦ Доломит

Осадочная порода, состоящая из минерала доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Цвет: белый, серый, красноватый, черный.

Условия образования — в результате химических изменений известняковых пород или при выпадении в осадок из водных растворов.

Структурно-текстурные особенности: структура мелко- и тонкозернистая, текстура массивная, реже слоистая.

Минеральный состав: доломит, кальцит в разных пропорциях.

Форма залегания — пласты и скопления гнездового типа.

Особые свойства: с соляной кислотой реагирует только в порошке, твердость 4, медленно растворяется в воде. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: производство цемента, в металлургии — в виде флюса, для известкования кислых почв.

Сульфаты

- ♦ Гипс (гр. *gipsos* — мел, известь)

Мономинеральная сульфатная осадочная порода.

Цвет: белый, серый, желтый, розовый, может быть окрашен примесями в разные цвета.

Условия образования: химическое осаждение в соленых бассейнах; при гидратации ангидрита в приповерхностной зоне образуются гипсовые шляпы.

Структурно-текстурные особенности: мелко- и среднезернистая, волокнистая (селенит) и пластинчатая структура. Массивная, реже слоистая текстура.

Минеральный состав: гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, примеси доломита, ангидрита, гидроксидов железа.

Особые свойства: твердость 2 (легко царапается ногтем), плотность 2,0–2,2 г/м³, быстро растворяется и выщелачивается, образуя полости, что создает сложности при проектировании и строительстве. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение — см. минерал гипс.

- ♦ Ангидрит (гр. *an* — отрицание и *hydōr* — вода, безводный)

Мономинеральная сульфатная осадочная порода.

Цвет: голубовато-серый, серый, белый.

Условия образования: химическое осаждение из растворов при более высокой температуре, чем гипс; при дегидратации гипса в условиях повышенных давлений и температур.

Структурно-текстурные особенности: среднезернистая структура, массивная текстура.

Минеральный состав: ангидрит (CaSO_4), механические примеси — глинистое вещество, органические вещества (пахучий гипс), включения песчинок, иногда сульфидов и др.

Форма залегания: слои, пласты, иногда очень тонкие, переслаивающиеся с каменной солью.

Особые свойства: твердость 3–3,5, при использовании в качестве основания и среды для инженерных сооружений представ-

ляет опасность — в присутствии воды, при атмосферном давлении постепенно переходит в гипс, сильно увеличиваясь в объеме (до 30 %), легко растворяется и выщелачивается подземными водами, образуя полости (карстовый процесс). Плотность 2,8–2,9 г/см³. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: в строительстве для приготовления вяжущих материалов, производства серной кислоты, в медицине.

Галоиды

♦ Каменная соль

Мономинеральная осадочная порода.

Цвет: светло-серый, белый, иногда красный, черный или синий.

Условия образования: химическое выпадение из пересыщенных растворов в морях и озерах, лишенных свободного сообщения с океаном, в областях с жарким климатом.

Структурно-текстурные особенности: структура мелко-, средне- и крупнозернистая, текстура массивная или слоистая.

Минеральный состав: галит (NaCl), с примесями ангидрита или гипса, карбонатно-глинистого материала.

Форма залегания: линзы, слои, пласты большой мощности, а также в виде примесей в обломочных грунтах и глинах.

Особые свойства: соленый вкус, хорошая растворимость, невысокая твердость — 2,5, плотность 1,3—2,6 (2,0–2,2) г/см³. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: в пищевой промышленности для сохранения скоропортящихся продуктов и как приправа к пище; в химической промышленности для получения соляной кислоты, хлора, соды, едкого натра и др.

♦ Калийная соль (сильвинит)

Мономинеральная осадочная порода, хемогенного происхождения.

Цвет: красный, пестрый.

Условия образования: химическое выпадение из пересыщенных растворов в морях и озерах, лишенных свободного сообщения с океаном, в областях с жарким климатом.

Структурно-текстурные особенности: структура кристаллическая мелко- и среднезернистая, текстура массивная или слоистая.

Минеральный состав: сильвин (KCl), обычно с существенной примесью карналлита (KCl , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и галита (NaCl).

Форма залегания: линзы, слои, пласты большой мощности.

Особые свойства: твердость 2,5, характерный диагностический признак — горько-соленый вкус, легко растворяется в воде. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: для удобрения почвы, в химической промышленности для получения соляной кислоты, хлора, соды, едкого натра и др.

4.4.3. Органогенные породы

Карбонатные породы

Органогенные известняки по преобладающему виду органических остатков делятся на коралловые, фузулиновые, нуммулитовые и ракушечники.

Известняк органогенный (известняк-ракушечник)

Мелкозернистые плотные породы с различным количеством органических остатков, представленных целыми хорошо сохранившимися раковинами или обломками раковин моллюсков или кораллов, скрепленных карбонатным, глинистым или другим природным цементом.

Цвет: серый, белый, иногда красноватый и даже черный (битуминозные известняки).

Условия образования — в морях в результате жизнедеятельности и отмирания разнообразных организмов.

Структурно-текстурные особенности: структура биоморфная, детритовая, биогенно-шламовая, органогенно-обломочная; текстура массивная, пористая, кавернозная.

Минеральный состав: кальцит (CaCO_3) или кальцитовые скелетные остатки.

Форма залегания — от первых сантиметров (в отдельных прослоях отложений) до тысяч метров.

Особые свойства: легко распиливаются, реагируют с соляной кислотой, в результате выщелачивания подземными и поверхностными водами широко развиты карсты, осложняющие проектирование и строительство. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: строительный камень и облицовочный материал, сырье для получения (путем обжига) негашеной извести. Флюсовый материал в металлургии, сырье для получения углекислоты в химической промышленности, составляющая для производства цемента. Удобрение для известкования кислых почв.

♦ Мел

Чистая специфическая карбонатная порода, состоящая из кальция CaCO_3 (иногда с примесями песка и глины до 1 %).

Цвет: белый, иногда с сероватым или буроватым оттенком.

Условия образования — типичные морские отложения, образовавшиеся на значительных расстояниях от берега и на сравнительно больших глубинах.

Структурно-текстурные особенности: структура пелитоморфная, текстура тонкоземлистая, тонкопористая.

Минеральный состав: тонкозернистый порошкообразный кальцит (до 60 %), одноклеточные планктонные водоросли (до 75 %) с примесью раковин фораминифер (5–6 %).

Форма залегания — пласты большой мощности.

Особые свойства: непрочный, мягкий, легко поддается обработке ножом, стеклом, пачкает руки, пористый (до 40–50 %), плотность 1,5–1,8 г/см³. Мел бурно реагирует с соляной кислотой. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: строительные смеси, для производства цемента, в бумажной и резиновой промышленности.

♦ Мергель

Карбонатно-обломочная осадочная горная порода смешанного генезиса, состоящая из 30—90 % карбонатов (известняк, реже доломит) и 70—10 % глины.

Цвет: светло-серый, серый, темно-серый, желтоватый, бурый и черный в зависимости от цвета глинистого вещества.

Условия образования: одновременное осаждение тонкозернистого карбоната (биогенного или хемогенного) и глины в морских бассейнах, лагунах и пресноводных озерах.

Структурно-текстурные особенности: структура скрытокристаллическая, тонкозернистая; текстура однородная, слоистая.

Минеральный состав: карбонаты (известняки, реже доломиты) — 30–90 % и глины — 10–70 %.

Форма залегания — слой, пласт.

Особые свойства: неровный, землистый или раковистый излом. Характерные признаки: запах глины при увлажнении дыханием, бурная реакция с разбавленной соляной кислотой, но, в отличие от известняков, на месте реакции остается грязно-бурый налет глинистых частиц. Неблагоприятные факторы для строительства: выщелачиваются подземными водами с образованием каверн, пустот и пещер (карстообразование), сильно глинистые мергели способны набухать при замачивании, легко выветриваются до щебня и дресвы. Физико-механические свойства зависят от содержания глинистой примеси (с большим содержанием CaCO_3 порода близка к известняку, с содержанием глинистых частиц более 50 % — к глине). Плотность 1,9–2,5 г/см³. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение — ценное сырье для получения цемента.

Кремнистые породы

♦ Опока

Кремнистая осадочная порода, состоящая из мельчайших округлых стяжений опала, сцементированного кремнеземом.

Цвет: серовато-белый, желто-коричневый, черный, часто пятнистый.

Условия образования — в морских бассейнах за счет уплотнения и цементации диатомитов и трепелов.

Структурно-текстурные особенности: структура скрытокристаллическая, тонкозернистая; текстура однородная, микропористая.

Минеральный состав: округлые стяжения опала (до 98 %), сцементированные кремнеземом, в качестве примесей глинистые минералы, кварц, остатков микроорганизмов.

Форма залегания — прослой в пластах трепела.

Особые свойства: легкая (плотность $1,9 \text{ г/см}^3$) твердая порода, царапает стекло, высокая пористость, раскалывается на остроугольные обломки с раковистым изломом, прилипает к влажному пальцу, при наличии глинистого вещества размокает в воде. Согласно ГОСТ 25100–2011 — скальный грунт.

Применение: строительный камень, адсорбент, в цементной промышленности.

♦ Трепелы

Породы, состоящие из мельчайших зернышек опала (0,0025–0,005 мм), скрепленных опаловым цементом.

Цвет: белый, серый, желтовато-серый, бурый, красный, черный.

Условия образования: глубоководный осадок — продукт разрушения кремневых панцирей диатомей.

Структурно-текстурные особенности: текстура рыхлая, пористая; структура тонкозернистая.

Минеральный состав: мельчайшие зернышки опала (0,0025–0,005 мм), скрепленные опаловым цементом.

Форма залегания: слои, пласты.

Особые свойства: легкая горная порода (плотность $1,2\text{--}1,8 \text{ г/см}^3$), пачкает руки, пишет, легко растирается между пальцами, за счет высокой пористости (50–70 %) липнет к влажному пальцу.

Применение: активная добавка в цементной промышленности; производство теплоизоляционных, фильтровальных, полировальных материалов; применяются как наполнители, катализаторы, адсорбенты и строительные материалы.

Углеродистые соединения (каустобиолиты)

♦ Торф

Органогенная осадочная горная порода, состоящая из малоизмененных растительных остатков.

Цвет: бурый, черный.

Условия образования: длительное накопление и разложение остатков растений (мха, листьев, стеблей, корней, древесины) в условиях болот — в стоячей воде, при дефиците кислорода и участии анаэробных бактерий.

Структурно-текстурные особенности: текстура рыхлая, землистая, структура волокнистая.

Минеральный состав — разложившиеся и обуглившиеся растительные остатки.

Форма залегания: слои, линзы.

Особые свойства: волокнистое строение; высушенный торф, рыхлый, легкий; высокая влагоемкость, значительная пористость, плотность 0,8–1,2 г/см³, сильно сжимаем; при строительстве опасность возникновения неравномерных деформаций сооружений.

Применение — горючее полезное ископаемое.

♦ Каменный уголь

Состоит на 70–95 % из углерода с механическими примесями глинистых минералов, полевых шпатов. В зависимости от содержания углерода, плотности и других свойств выделяют: бурый уголь — блеск матовый до смоляного, цвет черты бурый, сильно пачкает руки, сохраняет отпечатки растительных остатков; каменный уголь — блеск матовый до стеклянного, цвет черты черный, пачкает руки; антрацит — блеск сильный металлический, излом раковистый, руки не пачкает.

Условия образования: при углефикации растительных остатков без доступа атмосферного кислорода (под покровом песчаных или пылевато-глинистых горных пород) в прибрежных (морских и озерных) и межгорных низменностях.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, слоистая; структура землистая, скрытокристаллическая.

Минеральный состав: растительные остатки, углерод, кварц, глинистые минералы и примеси смолистых веществ.

Форма залегания: пласты и линзы различной мощности и размеров.

Особые свойства: бурый уголь — блеск матовый до смоляного, цвет черты бурый, сильно пачкает руки, сохраняет отпечатки растительных остатков; плотность $1,2 \text{ г/см}^3$, твердость 1. Каменный уголь — блеск матовый до стеклянного, черная черта, пачкает руки. Антрацит — блеск металлический, излом раковистый, не пачкает руки; плотность $1,6 \text{ г/см}^3$, твердость 2,5.

Применение: твердые горючие горные породы, сырье для химической промышленности.

- ♦ Асфальт (гр. *asphaltos* — горная смола)

Органогенная осадочная порода.

Цвет: темно-серый, черный, темно-коричневый.

Условия образования — в результате окисления нефти и испарения легких фракций.

Минеральный состав: смесь частично окисленных углеводов, нередко содержащих примеси песчаных частиц и других более крупных обломков различных горных пород и минералов.

Форма залегания: насыщает поры песчаников, трещины и каверны известняков и доломитов, иногда образует мощную кору на поверхности больших нефтяных озер.

Особые свойства: блеск стекловидный, твердые или вязкие агрегаты, твердость 1–2; черта коричневая; легко плавится в пламени спички — отличие от углей.

Применение: в строительстве используется в качестве обмазочной гидроизоляции, эмульсий и в качестве ценного органического вяжущего для материалов покрытий автомобильных дорог.

4.5. Задания к выполнению лабораторной работы

Цель работы: знакомство с основными типами осадочных горных пород, их классификацией, минеральным составом, структурно-текстурными особенностями. Приобрести навыки диагностирования осадочных горных пород по генетическим классам.

Оборудование: эталонные и рабочие коллекции осадочных горных пород, наборы шкалы твердости Мооса, неглазурованная керамическая пластинка «фарфоровый бисквит», магнит, минералогическая лупа, пузырек с 10 % раствором соляной кислотой (надежно закрытый), стеклянная пластинка для определения твердости пород.

Выполнение работы рассчитано на 4 часа. В течение лабораторной работы преподаватель последовательно согласно классификации рассматривает все образцы осадочных горных пород в эталонных коллекциях, а студенты фиксируют их свойства в следующей последовательности: цвет, условия образования, структура и текстура, минералогический состав, особые свойства и заносят в таблицу. Далее преподаватель совместно со студентами производит диагностику нескольких образцов осадочных горных пород из рабочей коллекции.

Описание диагностических признаков осадочных пород

Название	Цвет	Структура	Текстура	Минералогический состав	Особые свойства
Терригенные (обломочные) породы					
Хемогенные породы					
Органогенные породы					

Студенты получают для самостоятельного определения три образца осадочных горных пород из рабочей коллекции и записывают их основные внешние диагностические признаки и название в таблицу прил. 3.

Осадочная порода определяется в следующей последовательности:

- цвет;
- структур и текстура породы;

- генетическая группа породы (терригенная, хемотропная или биогенная);

Для терригенных обломочных пород:

- размер, форма обломков (окатанные, угловатые);
- цвет и состав природного цемента, соотношение обломков и цементирующего вещества;

Для хемотропных и биогенных пород:

- цвет;
- твердость;
- реакция с соляной кислотой;
- наличие пористости, кавернозности;
- наличие органических остатков, конкреций, прожилков;
- химический состав.

Затем сверяют результат определения породы с описанием разновидностей осадочных горных пород (подгл. 4.4); проверяют правильность результата с преподавателем.

Глава № 5. Диагностика метаморфических горных пород

5.1. Общие сведения

Метаморфизм (гр. *metamorphōsis* — превращение) — процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды путем перекристаллизации породы без существенного плавления.

Факторами метаморфизма или причинами преобразования пород являются давление, температура, а также растворы и газы (флюиды), проникающие в толщи исходных пород.

При метаморфических преобразованиях давление может быть обусловлено несколькими причинами:

- литостатическим давлением (всестороннее) за счет нагрузки вышележащих толщ;
- давлением движущейся магмы и давлением гидротермальных растворов;
- давлением (стрессовое одностороннее) тектонических движений.

Самым значимым из перечисленных следует считать стрессовое давление, которое может достигать десятки тысяч атмосфер и воздействовать на огромные территории. Прояв-

ление литостатического и магматического давления влияет на характер минеральных преобразований лишь на локальных участках.

На метаморфические преобразования могут повлиять температурные изменения:

- геотермический градиент, составляющий примерно $30^{\circ}\text{C}/\text{км}$;
- прогрев пород очагом внедрившейся и постепенно остывающей магмы;
- выделение тепла за счет тектонических подвижек, которые сопровождаются глубинными тепловыми потоками.

Гидротермальные растворы и флюиды (летучие компоненты) — очень важный фактор почти всех типов метаморфизма. Растворы, циркулирующие в земной коре, воздействуют на горные породы как катализаторы, облегчающие реакции между кристаллами, влияют на скорость перекристаллизации. Флюиды играют активную роль в образовании новых минералов. Наиболее важные летучие компоненты H_2O и CO_2 способствуют привнесу или выносу различных химических элементов и замещению старых минеральных ассоциаций новыми устойчивыми в изменившихся физико-химических условиях среды.

Метасоматоз — процесс радикального изменения химического состава породы под воздействием гидротермальных растворов, в результате которого порода остается в твердом состоянии и не изменяет своего первоначального объема.

5.2. Типы метаморфизма

Различают два основных вида преобразования пород в зависимости от пространственного размещения и размаха проявления процесса:

- локальный метаморфизм развивается на ограниченных пространствах и связан с конкретными структурными элементами земной коры;
- региональный — охватывает значительные территории, испытывавшие прогрессивное длительное погружение в зонах субдукции.

Выделяют следующие типы метаморфизма: контактовый (преобразование пород под воздействием температуры внедрившейся магмы); дислокационный (преимущественно под воздействием давления при перемещении блоков земной коры); динамометаморфизм (совместное воздействие давления и температуры).

Контактовый метаморфизм — основной фактор изменения пород — воздействие горячих магматических расплавов на относительно холодные вмещающие породы. Вокруг магматического очага образуется зона преобразованных пород (контактный ореол) шириной от первых метров до нескольких километров, в зависимости от размеров интрузии и наличия флюидов. Большое значение при контактовом метаморфизме имеют химические составы магмы и вмещающих пород. В случае их схожести в контактном ореоле происходит простая перекристаллизация пород без существенного изменения химического состава. В случае резкого контраста химических составов магмы и вмещающих пород на контакте происходит диффузионный процесс взаимного проникновения (метасоматоз), изменяющий первичные химические составы контактирующих пород (рис. 3).

Динамический метаморфизм (дислокационный) — основной фактор — стрессовое давление. Происходит дробление, истирание пород вдоль разрывных нарушений (разломов) при тектонических движениях (рис. 4).

Контактовый и дислокационный типы метаморфизма развиваются в ограниченных пространствах; они объединены под названием «локальный».

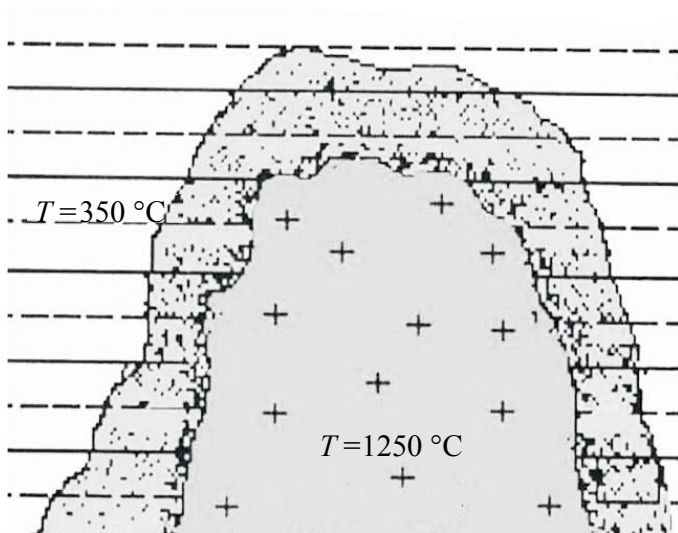


Рис. 3. Контактный метаморфизм

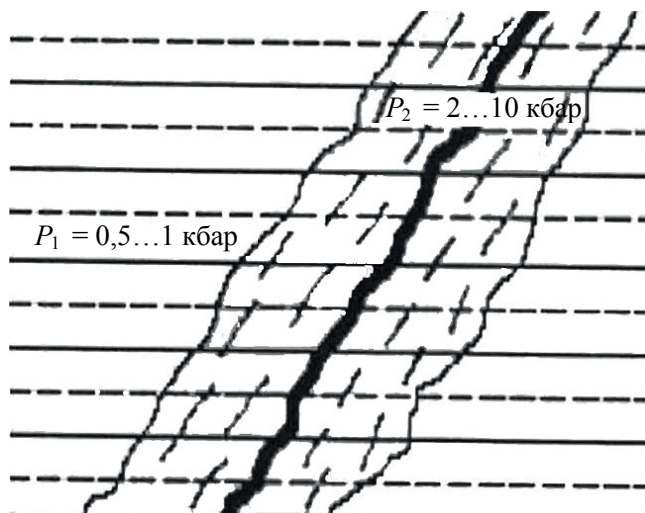


Рис. 4. Дислокационный метаморфизм

Основными факторами регионального метаморфизма являются температура и давление, которые изменяются при погружении крупных блоков земной коры на большие глубины. По мере возрастания термодинамических условий регионального метаморфизма усиливается степень переработки пород.

Метаморфические породы объединяются в группы (фации) в зависимости от сходных условий преобразования (P , T), внешних признаков и типичных минералов (рис. 5):

- зеленосланцевая;
- эпидот-амфиболитовая;
- амфиболитовая;
- гранулитовая.

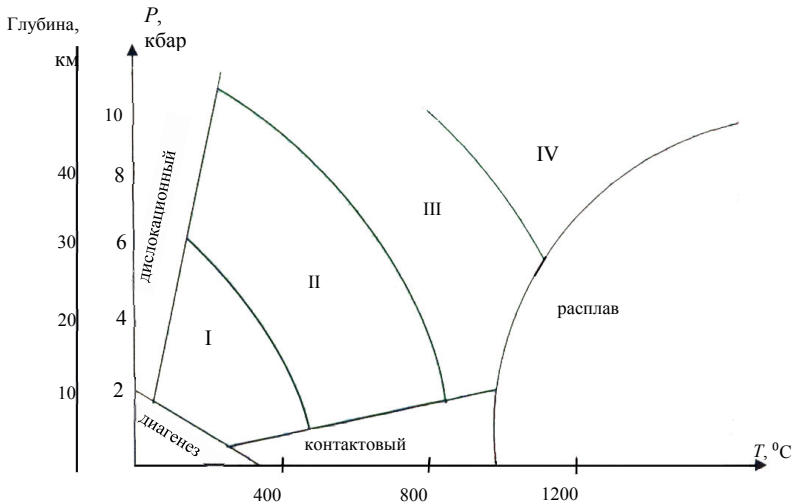


Рис. 5. Типы метаморфизма:

I — зеленосланцевая; II — эпидот-амфиболитовая;
III — амфиболитовая; IV — гранулитовая

Фация зеленых сланцев — низкотемпературная ступень регионального метаморфизма. Под влиянием направленного давления

образуются листоватые минералы группы слюд, талька, хлоритов.

Эпидот-амфиболитовая фация: с повышением давления и температуры различные химические элементы реагируют между собой и образуют новые минералы (гранат, эпидот), занимающие меньший объем, чем исходные виды. Наблюдается исчезновение хлорита и замещение его биотитом. Главные породы этой фации — кристаллические сланцы.

Амфиболитовая фация: при последующем повышении давления и температуры минеральный состав и структура метаморфических пород все более сближаются с составом и структурой магматических пород. Представителями этой фации являются амфиболиты и гнейсы.

Гранулитовая фация — переходная зона от метаморфизма к магматизму. Отмечается частичное плавление (ультраметаморфизм).

5.3. Особенности минерального состава

Механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения неустойчивых минералов при новых термодинамических условиях другими более устойчивыми. Важную роль играют флюиды как катализаторы реакций замещения.

Для метаморфических горных пород характерны следующие минералы.

Тальк — низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород.

Хлорит — низкотемпературный чешуйчатый минерал, часто с зеленоватым оттенком, образуется при гидротермальной проработке основных пород.

Серицит — низкотемпературный минерал, мелкочешуйчатая разновидность слюды — мусковита.

Актинолит — низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты светло-зеленого цвета.

Гранат — изометричные кристаллы (ромбододекаэдр) коричневого или красного цвета.

Эпидот образует кристаллы призматические, лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

Серпентин — продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород.

Турмалин — призматические кристаллы, реже зернистые агрегаты. Цвет черный, реже зеленый, красный, бурый, часто полихромный. Нередки радиально-лучистые сростки, называемые «турмалиновым солнцем».

5.4. Текстуры и структуры метаморфических пород

Сланцеватые текстуры с параллельным или субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов характерны для низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма. Сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью, называемой плейчатой.

Гнейсовая текстура — текстура со слабовыраженной ориентировкой минералов, образующаяся с повышением температуры в условиях амфиболитовой фации.

Полосчатая текстура образуется в результате метаморфических процессов высокотемпературных фаций, сопровождающихся расщеплением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава (образуются слои темноокрашенные — с амфиболом и слюдой и светлоокрашенные — с кварцем и полевыми шпатами).

Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, характерна массивная текстура, встречается пористая, ноздреватая, пятнистая и др.

Структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих их минералов, могут называться: лепидобластовая (лат. «лепидос» — чешуйка, «бластос» — росток), гранобластовая («гранос» — зерно), нематобластовая («нематос» — нить, игла).

Гранобластовая структура чаще отмечается для пород амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы — кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

Лепидобластовая структура характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов — серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

Нематобластовая структура в чистом виде встречается редко (амфиболиты, актинолитовые сланцы) и отличается наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, турмалин).

Порфиробластовая структура: в породе наблюдаются разнозернистые агрегаты, один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных.

5.5. Основные разновидности метаморфических пород

5.5.1. Продукты регионального метаморфизма

Существует группа мономинеральных метаморфических пород, широко распространенных в земной коре, не изменяющих свой минеральный состав в зависимости от стадии метаморфиз-

ма. При переходе от низко- к высокотемпературным фациям происходит увеличение размера зерен в породе.

♦ Мрамор

Кристаллическая карбонатная порода, образующаяся при метаморфизме известняков и доломитов.

Цвет: белый, различный в зависимости от примесей.

Условия образования: метаморфизм известняков и доломитов.

Структурно-текстурные особенности: структура гранобластовая (от мелко- до крупнозернистой); текстура массивная, полосчатая, пестрая.

Минеральный состав: кальцит, доломит.

Форма залегания — пласты.

Особые свойства: реакция с соляной кислоты, твердость 3, растворяется и выщелачивается поверхностными и подземными водами.

Применение: облицовочный камень, при производстве извести, белый мрамор для изготовления скульптур.

♦ Кварцит

Кремнистая метаморфическая порода.

Цвет: белый, в зависимости от примесей розовый, желтый, коричневый.

Условия образования: при метаморфизме кварцевых песков, опок, песчаников, некоторых кислых магматических пород.

Структурно-текстурные особенности: структура гранобластовая (мелко- и тонкозернистая), иногда зерна не различимы (сливной кварцит), текстура массивная, редко полосчатая.

Минеральный состав — кварц.

Форма залегания: пласты, линзы.

Особые свойства: твердость 7 (кварцит царапает стекло); в отличие от мрамора, не реагирует с соляной кислотой.

Применение: облицовочный камень, абразивный материал, кварцевое стекло.

♦ Железистый кварцит (джеспилит)

Кварцит с большим содержанием магнетита и гематита.

Цвет: серый, красноватый, коричневый, черный.

Условия образования — метаморфизм кремнеземистых гелей хомогенного происхождения.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, полосчатая; структура гранобластовая.

Минеральный состав: кварц, магнетит, гематит.

Форма залегания: крутопадающие пластообразные или линзовидные тела, согласные с вмещающими породами; мощность одиночных тел от нескольких сантиметров до 800 м.

Особые свойства: плотность 3,2–4,3 г/см³, цвет черты бурый, коричневатый, твердость 7.

Применение: щебень, силикатный кирпич, при содержании железа более 45 % — железная руда.

♦ Яшма

Слабометаморфизованная кремнистая порода.

Цвет различный в зависимости от примесей.

Условия образования — в результате перекристаллизации кремнистых осадков и метасоматоза.

Структурно-текстурные особенности: структура скрытокристаллическая; текстура плотная пестрая, полосчатая.

Минеральный состав — тонкозернистый агрегат кварца.

Форма залегания: пласты, гнезда, силлы.

Особые свойства: твердость 7, непрозрачная, раковистый излом.

Применение: поделочный камень, технический камень (опорные призмы, ступки, матрицы и т. п.).

Фация зеленых сланцев

♦ Филлит (греч. *phyllon* — лист)

Тонкочешуйчатая, тонколистоватая горная порода.

Цвет: светло- или темно-серый до черного, по плоскостям сланцеватости с шелковистым блеском.

Условия образования — при дальнейшем уплотнении и частичной перекристаллизации аргиллитов (глинистые сланцы).

Структурно-текстурные особенности: текстура сланцеватая; структура гранолепидобластовая.

Минеральный состав: кварц, серицит, иногда хлорит, альбит (полевошпат), часто с примесью графита.

Форма залегания — пласт.

Применение — кровельный материал.

♦ Кварц-серицитовый сланец

Продукт зеленосланцевой фации.

Цвет: светло-серый, иногда с зеленоватым оттенком (за счет хлорита и эпидота); по плоскостям сланцеватости с шелковистым блеском.

Условия образования: исходные породы — филлиты, аркозовые песчаники, кислые магматические породы.

Структурно-текстурные особенности: текстура сланцеватая, иногда пльчатая; структура гранолепидобластовая.

Минеральный состав: кварц, серицит, альбит (полевошпат). В зависимости от исходного состава пород могут присутствовать хлорит, эпидот или карбонаты.

Форма залегания: сильно смятые в складки слои.

Применение — практического применения не имеет.

♦ Хлоритовый сланец

Мономинеральная метаморфическая порода.

Цвет — зеленый различных оттенков.

Условия образования: продукты начальных стадий регионального метаморфизма основных магматических пород, метасоматизма при процессах хлоритизации, околорудного изменения вмещающих пород среднетемпературных гидротермальных рудных месторождений.

Структурно-текстурные особенности: текстура сланцеватая, структура лепидобластовая.

Минеральный состав: хлорит, примеси магнетита, роговой обманки.

Форма залегания — слои среди других сланцев.

Применение — практического применения не имеет.

♦ Тальковый сланец

Мономинеральная метаморфическая порода.

Цвет: белый, светло-зеленый.

Условия образования: в результате низкотемпературного гидротермального метаморфизма ультраосновных магматических пород (перидотитов, дунитов) и серпентинитов.

Структурно-текстурные особенности: текстура сланцеватая, структура лепидобластовая.

Минеральный состав: тальк (75–90 %), могут встречаться актинолит, хлорит, карбонаты.

Форма залегания — незначительные слои среди других сланцев.

Особые свойства: твердость 1, жирный на ощупь.

Применение: кислотоупорный и огнеупорный материал, сырье для производства керамики; в медицине, косметике; бумажной, текстильной, резиновой и красочной (светоупорные и огнеупорные краски) промышленности.

Эпидот-амфиболитовая фация

♦ Слюдяной (кристаллический) сланец

Цвет: светлый (мусковитовый), черный (биотитовый).

Условия образования: исходными породами кристаллических сланцев могут быть осадочные (аргиллиты и песчаники) и кислые магматические породы.

Структурно-текстурные особенности: текстура сланцеватая; структура лепидобластовая, порфиrolепидобластовая.

Минеральный состав: мусковит, биотит, кварц, присутствуют порфиробласты граната, турмалина, эпидота.

Форма залегания — пласт.

Применение — применения практически не имеют.

Амфиболитовая фация

♦ Амфиболит

Цвет: темно-зеленый, до черного.

Условия образования: из основных магматических пород.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, полосчатая; структура гранобластовая.

Минеральный состав: роговая обманка и плагиоклаз, небольшие количества граната, биотита и кварца.

Форма залегания — небольшие залежи.

Применение: строительный камень (щебень), черные разновидности амфиболита — поделочные и облицовочные камни.

♦ Гнейс

кристаллическая метаморфическая порода.

Цвет — от светло-серого до черного.

Условия образования — из осадочных и кислых магматических пород.

Структурно-текстурные особенности: текстура гнейсовая, полосчатая, структура гранобластовая.

Минеральный состав: кварц, полевые шпаты, слюды (биотит, мусковит), роговая обманка, иногда гранат и пр.

Форма залегания: зависит от форм залегания исходных пород.

Применение: строительный камень, облицовочный материал.

5.5.2. Продукты дислокационного метаморфизма

При дислокационном метаморфизме основным фактором является одностороннее (стрессовое) давление, которое возникает при тектонических подвижках (взбросах, сдвигах, надвигах и т. д.).

Тектонические брекчии — сильно раздробленные породы, состоящие из угловатых обломков различных размеров, сцементированных тем же, но более мелко раздробленным материалом.

5.5.3. Продукты контактового метаморфизма и метасоматоза

♦ Роговик

Цвет: белый, разные оттенки серого, черный.

Условия образования — на контакте разогретой силикатной магмы с близкими ей по химическому составу вмещающими породами.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, структура гранобластовая (роговиковая).

Минеральный состав — кварц, слюды, полевые шпаты, гранат.

Форма залегания — ореол вокруг магматического тела.

Особые свойства: высокая прочность, раковистый излом.

Применение — облицовочный и поделочный материал.

♦ Скарн — контактово-метасоматическая порода

Цвет различный.

Условия образования: на контакте карбонатных и кислых магматических пород.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, беспорядочная, пятнистая; структура гранобластовая.

Минеральный состав: пироксен, гранат, кальцит, роговая обманка, эпидот, актинолит, иногда рудные минералы.

Форма залегания — ореол вокруг магматического тела.

Особые свойства: резкое изменение размеров зерен, обязательность граната и кальцита, частое наличие рудных минералов.

К скарнам приурочены крупные месторождения руд Fe, Cu, Pb, Zn, W, Mo, а также флогопита, боратов и др.

♦ Серпентиниты

Цвет: различные оттенки зеленого цвета, часто имеют пятнистую окраску (змеевик).

Условия образования: гидротермально измененные ультраосновные породы (дуниты, перидотиты, пироксениты).

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, пестрая, структура лепидогранобластовая, скрытокристаллическая.

Минеральный состав: серпентин с прожилками асбеста, примеси карбоната, магнетита.

Форма залегания — в зависимости от формы залегания ультраосновных пород.

Особые свойства: занозистый излом, твердость 2,5–4.

Применение: декоративно-поделочный камень, отделочный и строительный материал.

♦ Лиственит

Цвет зеленый (за счет примеси фуксита — зеленой хромовой слюды).

Условия образования: конечный продукт гидротермального преобразования ультраосновных и основных пород.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, структура гранолепидобластовая.

Минеральный состав: кварц-карбонатная порода, фуксит, примеси золотоносного пирита.

Форма залегания — вдоль гидротермальных жил или в сплошной массе мощностью до десятков метров.

Применение: поисковый признак на золото, поделочный камень.

♦ Березиты

Цвет серый.

Условия образования: гидротермально измененные кислые магматические породы, в которых полевые шпаты под воздействием гидротермальных воздействий были замещены серицитом.

Структурно-текстурные особенности: текстура массивная, структура гранолепидобластовая.

Минеральный состав: кварц, альбит, серицит, карбонат, обязательное присутствие пирита.

Форма залегания — ореолы золотоносных кварцевых жил.

Особое свойство — обязательное присутствие пирита.

Применение: строительный камень, поисковый признак на золоторудные месторождения.

Все метаморфические породы согласно ГОСТ 25100–2011 относятся к скальным грунтам. Для большинства метаморфических пород характерна анизотропность свойств, обусловленная их слоистостью, сланцеватостью. Прочностные характеристики вдоль сланцеватости значительно ниже, чем перпендикулярно ей. Сланцеватостью определяются значительная выветриваемость этих пород, пониженная устойчивость на природных склонах и в бортах искусственных выработок. Многие метаморфические породы (особенно слабометаморфизованные) образуют тонкоплитчатые и листоватые весьма подвижные осыпи.

5.6. Задания к выполнению лабораторной работы

Цель работы — получение знаний студентами об основных разновидностях метаморфических пород, о факторах их образования, различных типах метаморфизма, а также структурно-текстурных особенностях и минеральном составе пород.

Оборудование: эталонные и рабочие коллекции с образцами метаморфических горных пород, наборы шкалы твердости Мооса, неглазурованная керамическая пластинка «фарфоровый бисквит», магнит, минералогическая лупа, пузырек с 10 % раствором соляной кислотой (надежно закрытый), стеклянная пластинка для определения твердости пород.

Выполнение работы рассчитано на 2 часа. В течение лабораторной работы преподаватель последовательно согласно классификации рассматривает все образцы метаморфических горных пород в эталонных коллекциях, а студенты фиксируют их свойства в следующей последовательности: строение, (структура и текстура), минералогический состав, окраска — и записывают в таблицу. Далее преподаватель вместе со студентами производит диагностику нескольких образцов горных пород из рабочей коллекции.

Диагностические признаки метаморфических горных пород

Название	Цвет	Структура	Текстура	Минералогический состав	Особые свойства
Продукты регионального метаморфизма					
Продукты динамометаморфизма					
Продукты контактового метаморфизма и метасоматоза					

Студенты получают для самостоятельного определения 2 образца метаморфических горных пород из рабочей коллекции и записывают их основные внешние диагностические признаки и название в таблицу прил. 4.

При диагностике метаморфических пород следует придерживаться следующей схемы:

- определяется текстура — важнейший диагностический признак для метаморфических пород (сланцеватая, гнейсовая, массивная, волокнистая, плейчатая, полосчатая);
- устанавливается структура (гранобластовая, лепидобластовая, нематобластовая, порфиробластовая);
- определяется минеральный состав (талек, хлорит, серпентинит, серицит, гранат, актинолит, ставролит);
- определяется название породы;
- устанавливается тип метаморфизма;
- определяемый образец сопоставляется с описанием разновидностей метаморфических горных пород в подгл. 5.5.

Библиографический список

Основной список

Карлович И. А. Геология : учеб. пособие для вузов / И. А. Карлович. М. : Академпроект, 2013. 704 с.

ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. М. : Стандартинформ, 2013.

Дополнительный список

Ананьев В. П. Инженерная геология : учебник для строит. вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. М. : Высшая школа, 2005. 575 с.

Паняк С. Г. Учебное пособие к лабораторным работам по разделу «Общая геология» / С. Г. Паняк. Екатеринбург : УГГГА, 1998. 16 с.

Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. 3-е. СПб. : ФГУП «ВСЕГЕИ», 2009. 160 с.

Поленов Ю. А. Минералы : метод. указания по выполнению лабораторной работы по геологии. Ч. 1 / Ю. А. Поленов, В. Н. Огородников ; Уральский государственный горный университет. Екатеринбург : УГГУ, 2011. 25 с.

Поленов Ю. А. Метаморфические горные породы : метод. указания по выполнению лабораторной работы по геологии. Ч. 3. / Ю. А. Поленов, В. Н. Огородников; Уральский государственный горный университет. Екатеринбург : УГГУ, 2011. 21 с.

Практическое руководство по общей геологии : учеб. пособие для студ. вузов / А. И. Гущин, М. А. Романовская, А. Н. Стафеев, В. Г. Талицкий ; под ред. Н. В. Короновского. 2-е изд., стер. М. : Изд. центр «Академия», 2007. 160 с.

Архангельский А. Л. Минералы и горные породы : учеб. пособие / А. Л. Архангельский, Б. В. Баранов. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2004. 85 с.

Баранов Б. В. Определитель горных пород : учеб. пособие / Б. В. Баранов. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2005. 30 с.

Геология : учеб.-метод. пособие / сост. М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 83 с.

Грибенюк В. М. Применение горных пород в производстве строительных материалов : учеб. пособие / В. М. Грибенюк. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 44 с.

Инженерная геология : метод. указания к лабораторным работам. Ч. 1 / сост. М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 46 с.

Кристаллография и минералогия : метод. указания к лабораторным работам / сост. В. Н. Логинов, О. И. Корженко. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2006. 46 с.

Электронные образовательные ресурсы

Инженерная геология [Электронный ресурс] : метод. указания к лабораторным работам. Ч. 1 / сост. М.В. Венгерова, А.С. Венгеров. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. Режим доступа: <http://study/urfu.ru>.

Венгерова М.В. Инженерное обеспечение строительства [Электронный ресурс] / М.В. Венгерова, А.С. Венгеров, В.М. Грибенюк. Екатеринбург : УрФУ, 2012. Режим доступа: <http://study/urfu.ru>.

Приложения

Приложение 1

Отчет о лабораторной работе № 2
Диагностика породообразующих минералов

Студента _____

Группы _____

Дата _____

Определение минералов по главным диагностическим признакам

Номер образца	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Спайность, излом	Форма выделения	Прочие свойства	Название, класс минерала
1								
2								
3								

Приложение 2

Отчет о лабораторной работе № 3
Диагностика магматических горных пород

Студента _____

Группы _____

Дата _____

Определение названия магматической горной породы
по внешним признакам

Номер образца	Цвет	Структура	Текстура	Отряд по содержанию кремнезема SiO_2	Минералогический состав	Условия формирования (генезис)	Название
1							
2							
3							

Приложение 3

Отчет о лабораторной работе № 4 Диагностика осадочных горных пород

Студента _____

Группы _____

Дата _____

Определение осадочных горных пород по внешним диагностическим признакам

Номер образ- ца	Цвет	Струк- тура	Текс- тура	Гене- зис	Размер, форма обломков/со- став природ- ного цемента	Хими- ческий состав	Особые свойст- ва	Назва- ние по- роды
1								
2								
3								

Приложение 4

Отчет о лабораторной работе № 5 Диагностика метаморфических горных пород

Студента _____

Группы _____

Дата _____

Номер образ- ца	Цвет	Струк- тура	Текстура	Минеральный состав	Тип мета- морфизма	Название

Оглавление

Введение	3	
Глава № 1. Физические свойства минералов.		
Макроскопический метод определения минералов по внешним признакам	5	
1.1. Общие сведения о минералах	5	
1.2. Происхождение минералов	8	
1.3. Формы нахождения минералов	9	
1.3.1. Облик кристаллов	10	
1.3.2. Минеральные агрегаты	10	
1.4. Физические свойства минералов	12	
1.4.1. Оптические свойства	12	
1.4.2. Механические свойства	15	
1.4.3. Прочие свойства	17	
1.4.4. Специфические свойства	18	
1.5. Задания к выполнению лабораторной работы	18	
Глава 2. Диагностика породообразующих минералов		22
2.1. Описание минералов	22	
2.1.1. Самородные элементы	22	
2.1.2. Сульфиды	24	
2.1.3. Оксиды и гидроксиды	25	
2.1.4. Галогениды (галоиды)	29	
2.1.5. Карбонаты	31	
2.1.6. Сульфаты	33	

2.1.7. Фосфаты	36
2.1.8. Силикаты	37
2.2. Задания к выполнению лабораторной работы	50
Глава 3. Диагностика магматических горных пород	53
3.1. Общие сведения.....	53
3.2. Общие сведения о магматических породах.....	54
3.3. Структурно-текстурные особенности магматических пород	56
3.4. Химический и минеральный состав магматических пород.....	59
3.5. Разновидности магматических горных пород.....	63
3.5.1. Породы кислого состава	63
3.5.2. Породы среднего состава.....	67
3.5.3. Породы основного состава.....	69
3.5.4. Породы ультраосновного состава	72
3.6. Задания к выполнению лабораторной работы	75
Глава № 4. Диагностика осадочных горных пород по образцам	79
4.1. Общие сведения об осадочных горных породах.....	79
4.2. Классификация осадочных горных пород.....	80
4.3. Текстуры и структуры осадочных пород	82
4.4. Основные разновидности осадочных пород.....	84
4.4.1. Терригенные (обломочные) породы	84
4.4.2. Хемогенные породы	94
4.4.3. Органогенные породы.....	99
4.5. Задания к выполнению лабораторной работы	104
Глава № 5. Диагностика метаморфических горных пород.....	107
5.1. Общие сведения.....	107
5.2. Типы метаморфизма.....	108
5.3. Особенности минерального состава.....	112

5.4. Текстуры и структуры метаморфических пород	113
5.5. Основные разновидности метаморфических пород.....	114
5.5.1. Продукты регионального метаморфизма.....	114
5.5.2. Продукты дислокационного метаморфизма	119
5.5.3. Продукты контактового метаморфизма и метасоматоза.....	119
5.6. Задания к выполнению лабораторной работы.....	122
Библиографический список	124
Приложения	127

Учебное издание

Венгерова Марина Витальевна
Венгеров Андрей Станиславович

МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Редактор И. В. Меркурьева
Верстка Е. В. Ровнушкиной

Подписано в печать 17.02.2017. Формат 60×84 1/16.
Бумага писчая. Цифровая печать. Усл. печ. л. 7,7.
Уч.-изд. л. 6,1. Тираж 50 экз. Заказ 48.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8 (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: 8 (343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru

